Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven

Herausgegeben von

H. Friedrich
Direktor des Instituts für Meeresforschung

unter Mitwirkung von

W. Höhnk
Kustos am Institut für Meeresforschung

Band IV
Heft 2

mit 13 Tafeln und 18 Textabbildungen

1956
Kommissionsverlag Franz Leuwer, Bremen

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
5 FEB 1962

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/veroffentlichungen-des-instituts-fur-meeresforschung_1956_4_2

Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration und des Ionenmilieus im Gebrauchswasser für die Qualität der Fischindustrieerzeugnisse

Von Rudolf Dietrich

Es ist eine erstaunliche Tatsache, daß durch den überaus starken Wettbewerb in der Fischwirtschaft keine Qualitätssteigerung, sondern eine zum Teil erhebliche Qualitätsminderung der deutschen Fischerzeugnisse hervorgerufen worden ist. Zubereitung und Zusammensetzung dieser Waren entsprechen in vielen Fällen nicht den Erwartungen, die der Verbraucher an sie stellen kann. Hinzu kommt noch, daß der Verbrauchergeschmack sich im Laufe der Jahre geändert hat. Sehr stark tritt dies bei den Marinaden, und hier insonderheit bei den Kalt- und Bratmarinaden, in Erscheinung. Die Verbraucherschaft lehnt heute fast durchweg die Marinaden als zu sauer ab und fordert eine milde Ware.

Die vielen Versuche, die von der Fischindustrie unternommen wurden, durch verschiedenartige Zusammensetzung der Garbäder und der Aufgüsse, durch Verwendung anderer Genußsäuren usw. dem Verlangen der Verbraucher entgegenzukommen, zeigen, welche Bedeutung der Forderung nach einer milden Ware von seiten der Fischindustrie beigemessen wird. Die bisher bekannt gewordenen Versuche führten aber noch zu keinem durchschlagenden Erfolg.

Des öfteren zeigte sich zudem das Bestreben, eine milde Ware allein durch Herabsetzen des Säuregehaltes herzustellen. Daß dieses Verfahren jedoch äußerst bedenklich ist, liegt auf der Hand, da hierbei oft die für eine genügende Haltbarkeit notwendige Grenze im Säuregehalt unterschritten wird. Um trotzdem die erforderliche Haltbarkeit zu erreichen, gibt man übermäßig große Mengen an Konservierungsmitteln hinzu. Die Folgen sind schlechte Bekömmlichkeit und ein Absinken der Qualität. Der Geschmack der Ware ist nicht mehr rein, sondern strohig, ausgelaugt und ohne jedes vollmundige Aroma.

Wie viele Beispiele in der Lebensmittelindustrie, insbesondere beim Kochprozeß, zeigen, hängt die Güte eines zubereiteten Nahrungs- und Genußmittels stark von der örtlich unterschiedlichen Beschaffenheit des verwendeten Wassers ab. Aufbauend auf dieser Erfahrung, wandten wir unsere Aufmerksamkeit dem zur Herstellung der Entblutungs- und Garbäder sowie der Aufgüsse verwendeten Gebrauchswasser zu.

Wir gingen von der Annahme aus, daß die Mineralsalzzusammensetzung des Wassers die enzymatischen Vorgänge beeinflußt, denen das Fischfleisch im frischen wie verarbeiteten Zustand unterworfen ist. Diese Arbeitshypothese wird durch folgende Überlegungen begründet:

Die Gesamtheit der Veränderungen, denen ein Zellsystem nach dem Tode unterliegt, bezeichnet man als Autolyse. Unmittelbar nach dem Absterben der Zellen setzen lebhafte und ungeregelte Abbauprozesse ein. Im Verlauf dieser postmortalen Abbauvorgänge wird ein großer Teil der Zellbestandteile in lösliche Abbauprodukte übergeführt. Es ist nun bekannt, daß durch Einhaltung gewisser Bedingungen wie pH, Temperatur, Zusatz von Elektrolyten usw. der Verlauf der Autolyse oft in bestimmte Richtung geführt und die Zusammensetzung sowie der Abbaugrad der in Lösung gehenden Stoffe weitgehend beeinflußt werden können.

In den tierischen Geweben finden sich überwiegend intrazelluläre Gewebsproteinasen, die als Kathepsin bezeichnet werden. In den Zellen liegt das Kathepsin überwiegend in aktivem Zustand vor, und als intrazelluläre Proteinase spielt es bei der Autolyse post mortem eine entscheidende Rolle. Die katheptische Proteolyse verläuft etwa bei pH 4, doch ist das genaue Optimum stark vom Substrat abhängig. Ausmaß und Geschwindigkeit der Fermentwirkung hängen von einer Reihe von Bedingungen ab, vor allem von dem Milieu, in dem das Ferment wirkt. Die Fermente sind nicht unbegrenzt wirksam. Die Abnahme der Fermentwirkung kann einmal auf einer Zerstörung der Fermente beruhen, da die Fermente Eiweißkörper sind und somit leicht Veränderungen im Sinne einer Denaturierung erfahren können. Zweitens kann auch nur eine Inaktivierung der Fermente die Ursache sein. Die wichtigsten Faktoren für eine in eine bestimmte und erwünschte Richtung gelenkte Fermentwirkung sind die Substratkonzentration, die Temperatur, die Art und Menge anderer Ionen, irgendwelche anderen durch das Milieu bedingten Einflüsse und schließlich die Wasserstoffionenkonzentration.

Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration liegt darin, daß jede Fermentwirkung in einer mehr oder weniger breiten Zone der Wasserstoffionenkonzentration ein Maximum aufweist. Völlige Klarheit über die Ursachen der Änderung der Fermentwirkung entsprechend der Wasserstoffionenkonzentration herrscht bisher noch nicht. Einmal können die Fermente nach der Theorie von Michaelis als Elektrolyte aufgefaßt werden, die in ihrer Dissoziation von der Reaktion ihrer Umgebung abhängig sind. Demnach wären also entweder die Fermentionen oder das undissoziierte Ferment wirksam. Oder aber es kann angenommen werden, daß die pH-Abhängigkeit der Fermentwirkung nicht auf der Ladung des Fermentes, sondern auf der des Substrates beruht (Northrop). Hinzu kommt aber noch, daß die Aktivität vieler Fermente von der Gegenwart bestimmter einfacher anorganischer Ionen, und zwar sowohl von Anionen wie Kationen, abhängig ist.

Diese Gedankengänge führten zwangsläufig zu der begründeten Annahme, daß auch das Fabrikations- und Kochwasser bezüglich seiner Mineralsalzzusammensetzung nicht ohne Einfluß auf ein damit behandeltes Lebensmittel ist. In jedem Gebrauchswasser sind gewisse Mengen an Salzen gelöst. Vorzugsweise sind es die Hydrocarbonate und Sulfate des Cal-

ciums und Magnesiums, die den Mineralstoffgehalt der natürlichen Wässer ausmachen. Diese gelösten Mineralstoffe bedingen die Härte eines Wassers, wobei insbesondere die gelösten Hydrocarbonate die sogenannte „vorübergehende", „temporäre" bzw. „Carbonathärte" verursachen. Vergleicht man die einzelnen Trinkwässer, so unterscheiden sich diese zum Teil erheblich in der Höhe der Carbonathärte. Die Carbonathärte eines Wassers ist nun von ausschlaggebender Bedeutung für die Güte eines damit hergestellten Lebensmittels. Als starke Elektrolyte liegen in der großen Verdünnung die Mineralsalze des Wassers in dissoziiertem Zustand in Form von $Ca^{\cdot\cdot}$, CO_3'' und SO_4'' vor. Der kohlensaure Kalk des Wassers ruft bei den Nährstoffen, insbesondere bei den Proteinen, eine für diese nachteilige Zustandsänderung hervor. Die Eiweißkörper und die Peptide gehören zu den biologisch wichtigsten Ampholyten. Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß sie gleichzeitig basische und saure Funktionen ausüben können. Wenn die saure und die basische Dissoziation von gleicher Größe wären, so müßte die Lösung neutral reagieren. Dies ist aber meistens nicht der Fall. Gewöhnlich überwiegt die eine Dissoziation über die andere. Zu den wichtigsten tierischen Gewebsproteinen gehören die Albumine und Globuline, und diese haben deutlich sauren Charakter. Nach der Zwitterionentheorie wird durch den Zusatz von Säure die Dissoziation der Carboxylgruppe zurückgedrängt und damit eine Änderung des pH-Wertes herbeigeführt. Der natürliche pH-Wert eines frischen Lebensmittels wird dabei nach dem pH-Wert 7 hin verschoben, d. h., die schwach saure Reaktion des Nahrungsmittels wird durch das Calciumbicarbonat des Wassers mindestens neutralisiert, wenn nicht gar in einen schwach alkalischen Bereich übergeführt, wobei die Entstehung eines Proteinbicarbonates möglich ist. Dieser Vorgang allein bewirkt schon eine Entwertung des zubereiteten Lebensmittels, die sich rein organoleptisch im Aussehen, Geruch und besonders im Geschmack bemerkbar macht. Es kommt also darauf an, den natürlichen pH-Wert eines frischen Lebensmittels möglichst zu erhalten und es der Einwirkung des Calciumbicarbonates zu entziehen. Damit ergibt sich die Notwendigkeit, die kohlensauren Salze des Gebrauchswassers irgendwie unschädlich zu machen. Ihre restlose Entfernung durch Enthärtung führt nicht zum gewünschten Erfolg, weil das Wasser durch die Enthärtungszusätze noch stärker alkalisiert wird. Außerdem ist ein kalkfreies oder auch nur kalkarmes Wasser wegen der Bedeutung der Isotonie unzweckmäßig.

Bei unseren Versuchen in dieser Richtung verwandten wir das gewöhnliche städtische Bremerhavener Leitungswasser. Die Bestimmung der Gesamthärte ergab rund 8—12 DH, bei einer Carbonathärte von 3—4 Grad, einer Sulfathärte von 8—10 Grad und einem pH-Wert von etwa 7. Das Wasser wurde nach dem von der Firma Hygro-Nährschutz, Max Groeck K.-G., Bottrop, entwickelten Verfahren behandelt.

Dieses Verfahren bezweckt die biologische Aufwertung des Wassers, um die physiologische Einwirkung seines Mineralsalzgehaltes auf die

pflanzlichen und tierischen Zellen und Zellgewebe denkbar günstig zu gestalten. Durch Zusatz von dem Wasser arteigenen schwefelsauren Natriumsalzen wird die alkalisierende und dadurch schädigende Wirkung der Carbonathärte unterbunden und durch ein neutrales osmotisch und kolloidchemisch wirksames Ionengemisch $Ca^{\cdot\cdot}$, $Na^{\cdot}$ und SO_4'' ersetzt. Das Wasser bleibt dabei normales Trinkwasser.

Die Zusätze zum Wasser sind seiner Carbonathärte angepaßt, wobei die „Umhärtung" zu unterscheiden ist von der „Aufhärtung" des Wassers. Unter Umhärtung ist die Umsetzung der Carbonathärte in die entsprechende Sulfathärte mittels einer genau abgestimmten Zusammensetzung von schwefelsauren Natriumsalzen zum Teil sauren Charakters zu verstehen, wobei die Gesamthärte praktisch keine Veränderung erfährt. Die Aufhärtung kalkfreien oder kalkarmen Wassers erfolgt durch das gleiche Salzgemisch, jedoch erweitert um die dem Wasser fehlenden Erdalkalisalze.

Bei Wässern mit isotonisch nicht ausreichendem Kalkgehalt wird die Umhärtung mit der Aufhärtung kombiniert, so daß in jedem Falle nach den Zusätzen das Wasser auch quantitativ das gleiche Ionengemisch $Ca^{\cdot\cdot} + Na^{\cdot} + SO_4''$ enthält und reines Trinkwasser bleibt, das von normalem Wasser nicht zu unterscheiden ist.

Auch in seinem ursprünglichen pH-Wert von etwa 7 wird das Wasser praktisch nicht verändert. Bei der Umhärtung nimmt der pH-Wert infolge der aus dem kohlensauren Kalk freiwerdenden Kohlensäure im kalten Wasser nur gering ab, während beim Kochen des Wassers der Unterschied nach Entweichen der Kohlensäure vollkommen ausgeglichen ist. Der pH-Wert der verschiedenen Leitungswässer im Bundesgebiet schwankt zwischen 6 bis 8, und diese Werte sind im allgemeinen eine Funktion des Gleichgewichtes zwischen Hydrocarbonat und freier Kohlensäure.

Die primäre Wirkung des Verfahrens ist zweifellos die Zerstörung der Carbonathärte, die im Sinne obiger Ausführungen eine günstige Veränderung der Mineralsalzzusammensetzung des Wassers hervorruft. Die natürliche, im chemischen Sinne schwach saure Reaktion des frischen Lebensmittels bleibt damit erhalten. Durch diesen kleinen, lebensmittelrechtlich unbedenklichen Zusatz wird also der natürliche pH-Wert des Lebensmittels bei der Zubereitung geschützt. Infolge dieses Schutzes bleiben die Enzyme voll wirksam, was sich in der Erhaltung des milden Aromas, der Farbe sowie in der zarten, aber festen und saftigen Konsistenz des Erzeugnisses zeigt.

Als Schutzwirkung kommt wahrscheinlich aber noch ein anderes Moment hinzu. Neben den organischen Bausteinen ist eine Reihe von anorganischen Bausteinen im Körper vorhanden, und zwar in Form von Salzen. Die Wirkung, die sie entfalten, beruht auf den Ionen, in die sie zerfallen. Ihre Konzentration ist nicht sehr erheblich, doch sind sie für den Betrieb des Körpers von ausschlaggebender Bedeutung. Die Gesamtkonzentration der Salze, die in dem osmotischen Druck ihren Ausdruck findet, hat einen stets auf glei-

cher Höhe gehaltenen Wert. Der osmotische Druck der Körperflüssigkeit und der Gewebe ist eine der wesentlichsten Voraussetzungen dafür, daß besonders labile organische Strukturteile wie die Eiweißkörper ihren Zustand unverändert erhalten.

Neben der Gesamtkonzentration an Salzen ist die Art der Salzmischung von Wichtigkeit. Ein Salzmilieu von genau bestimmter Zusammensetzung und Konzentration im Organismus ist notwendig für den geordneten Ablauf aller Lebensvorgänge. Der Organismus braucht demnach ein genau äquilibriertes Salzmilieu. Manche Salze wirken schon in ganz geringer Konzentration, und zwar in sehr spezifischer Weise, auf manche Zelleistungen ein. So ist z. B., wie schon erwähnt, die Funktion einiger Fermente an die Gegenwart ganz bestimmter Ionen gebunden und von ihrer Konzentration abhängig.

Die frische Ware wird im Entblutungsbad mit Leitungswasser behandelt. Das Wasser hat einen geringeren osmotischen Druck als die Zellen des Fischfleisches und dringt infolgedessen in die Zellen ein. Durch Diffusion reichern sich nun die löslichen Stoffe des Fischfleisches im Wasser an.

Aus dem Entblutungsbad kommen die Heringslappen in das Garbad, dem durchschnittlich 6 % NaCl zugesetzt sind. Die Garbadflüssigkeit ist damit hypertonisch und entzieht deshalb dem Gewebe Flüssigkeit. Andererseits dringen die $Na^{\cdot}$ und Cl' schnell in das Gewebe und die Zellen ein. Die $Na^{\cdot}$ bewirken eine Quellung und eine Erhöhung der Durchlässigkeit, so daß nach Erreichen des gleichen osmotischen Druckes in Gewebe und Garbad gelöste Stoffe aus dem Innern der Zellen in die Garbadflüssigkeit übertreten können und damit der Fertigware verlorengehen.

Setzt man nun den Bädern Hygro-Nährschutz zu, so wird dadurch der $Ca^{\cdot\cdot}$- und SO_4''-Gehalt des Wassers erhöht. Diese Erhöhung bewirkt eine Entquellung der Membranen, setzt die Permeabilität herab und schützt somit das Gewebe vor Auslaugung. Die Wirkung des Hygro-Nährschutzes ist also in dem Antagonismus der $Ca^{\cdot\cdot}$ zu den $Na^{\cdot}$ und der SO_4'' zu den Cl' zu sehen. Es tritt demnach kein nennenswerter Verlust an Nährstoffen ein, und eine unerwünschte Veränderung des Muskeleiweißes wird vermieden. Der Schutz vor Auslaugung ist daher eine weitere Ursache der arteigenen Geschmacks- und Aromabildung auf Grund der durch diesen Zusatz erfolgten Umhärtung.

H. R. Kanitz (1941) kam bei seinen Versuchen über den Einfluß des Ionenmilieus im Blanchierwasser auf den biologischen Wert von Trockengemüse ebenfalls zu der Annahme, daß man durch ein geeignetes Ionenmilieu die Reversibilität der Eiweißverbindungen erhalten kann, daß also neben dem pH auch das Ionenmilieu des Kochwassers einen erheblichen Einfluß auf die Güte der Erzeugnisse hat und einen Schutz vor Denaturierung bietet.

Folgt man diesen Gedankengängen, so sieht man, wie nachteilig der Einfluß der Carbonathärte eines nicht kontrollierten Gebrauchswassers bei der

Zubereitung von Lebens- und Genußmitteln ist und wie vorteilhaft sich dagegen ein verbessertes Ionenmilieu in seiner Gesamtheit auswirkt.

Wir gingen demnach dazu über, das gesamte für die Herstellung von Fischindustrieerzeugnissen benötigte Leitungswasser vor seiner Verwendung mit Hygro-Nährschutz um- und aufzuhärten. Sämtliche Versuche wurden im Versuchsbetrieb des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven durchgeführt. Die betriebsmäßige Herstellung aller Erzeugnisse lag in den Händen des Fischwerkerlehrmeisters und Leiters des Fischwerkerlehrbetriebes in Bremerhaven, Herrn Hermann Last.

Um die Untersuchungen auf eine möglichst breite Basis zu stellen, wurde eine große Anzahl von Versuchsreihen durchgeführt. Sie erstreckten sich von November 1954 bis Januar 1956. Als Rohmaterial dienten Schwedenhering, Norwegerhering und deutscher Hering. Der zur Verarbeitung gelangte grüne Hering hatte einen pH-Wert von 6,3—6,5, selten höher, jedoch stets unter 7.

Zur Bereitung der Entblutungs-, Pökel- und Garbäder, der Aufgüsse und Tunken wurde Bremerhavener Leitungswasser verwendet. Hergestellt wurden: Rollmops, Bismarckhering, Hering in Gelee, Brathering, Vollkonserven mit den verschiedensten Tunken, Salzhering, Räucherheringe.

a) Kaltmarinaden (Rollmops und Bismarckhering)

Es wurden jeweils folgende Versuchssäuerungen mit Wasser der gleichen Qualität durchgeführt:

Ansatz A: Entblutungs- und Garbad ohne Zusatz von Hygro-Nährschutz.

Ansatz B: Entblutungs- und Garbad ohne Zusatz von Hygro-Nährschutz, jedoch mit Zusatz von H_2O_2.

Ansatz C: Entblutungs- und Garbad mit Zusatz von Hygro-Nährschutz und H_2O_2.

Ansatz D: Entblutungs- und Garbad mit Zusatz von Hygro-Nährschutz ohne H_2O_2.

Nach dem Entgräten der Heringe kamen die Heringslappen zunächst in ein Entblutungsbad. Für die Ansätze C und D war vor Einbringen der Lappen in das Entblutungsbad das kalte Wasser durch Zugabe von 0,9 g Hygro-Nährschutz je Liter umgehärtet worden.

Der pH-Wert des Leitungswassers vor Zugabe des Hygro-Nährschutzes betrug etwa 7,0 bis 7,2, nach Zugabe des Hygro-Nährschutzes etwa 6,6. Die Heringslappen sämtlicher Ansätze wurden im Verhältnis Fisch : Bad wie 1 : 1 mit durchschnittlich 4 % Essig und 6 % Kochsalz gesäuert.

Bei den Garbädern der Ansätze C und D wurde das Wasser ebenfalls vor Zugabe des Essigs und des Salzes und vor dem Einklatschen der Lappen mit Hygro-Nährschutz umgehärtet, und zwar wurden wieder 0,9 g Hygro-Nährschutz auf 1 Liter Wasser genommen. Der pH-Wert sämtlicher Bäder (A—D) betrug gleichmäßig 4,12.

Die garen Lappen wurden teils zu Rollmops, teils zu Bismarckheringen verarbeitet. An Zutaten wurden Zwiebeln und Gurken verwendet.

Der Essig-Salz-Gehalt der Aufgüsse betrug bei allen Ansätzen gleichmäßig 0,8 % Essig und 4,5 % Kochsalz. Konservierungsmittel wurden bei keinem der Ansätze zugesetzt. Bei den Ansätzen C und D wurde vor der Bereitung der Aufgüsse das Wasser wiederum durch Zugabe von 0,9 g Hygro-Nährschutz pro Liter umgehärtet.

Die Garbäder C und D zeigten dem äußeren Anschein nach weniger Neigung zum Verfärben und blieben auch offensichtlich klarer als die Bäder A und B. — Die Lappen von C und D waren fest in der Struktur, dabei aber doch saftig; die Lappen von A und B dagegen mehlig und faserig. — Die Lappen des Ansatzes D, der keinen Zusatz von H_2O_2 hatte, wiesen eine helle, natürliche und ansprechende Färbung des Fischfleisches auf, gegenüber den mit H_2O_2-Zusatz gesäuerten Ansätzen, die eine unnatürlich weiße, abstoßende Färbung zeigten. — Die Lappen von A schimmerten grau.

Auffällig waren die Geruchsunterschiede der einzelnen Garbäder: Die Bäder der Ansätze A und B hatten einen scharfen, strengen, fremdartigen Geruch. — Der Ansatz C war bedeutend milder und auch aromatischer. — Der Ansatz D war sehr milde, aromatisch und bouillonartig, sehr rein, ohne jeden fremden Beigeruch.

Die Fertigfabrikate in Dosen wurden teils bei + 8° und, um die Lagerfähigkeit und Haltbarkeit zu prüfen, bei Zimmertemperatur von etwa 18° gelagert. Bei der vergleichenden Haltbarkeitsprüfung zeigte sich, daß die Waren der Ansätze C und D mindestens die gleiche Lagerfähigkeit und Haltbarkeit besitzen wie die der Ansätze A und B.

Die organoleptische Prüfung wurde erstmalig nach einer Lagerung von drei Wochen und in der Folge in Abständen von acht bis vierzehn Tagen durchgeführt. Der pH-Wert der Marinaden sämtlicher Versuchsreihen (A—D) betrug gleichmäßig 4,12.

Das Ergebnis der einzelnen Prüfungen, das bei allen Versuchen ständig gleich blieb, ist in nachfolgender Tabelle summarisch zusammengefaßt.*

Die Zusammenstellung zeigt deutlich den großen qualitätsmäßigen Unterschied zwischen der mit unbehandeltem und der mit dem gleichen, aber umgehärteten Wasser hergestellten Ware.

Allein schon das äußere Bild der letzteren Erzeugnisse war ansprechender. Geschmacklich waren die Ansätze C und D auffallend milde gegenüber A und B, obwohl, worauf noch einmal besonders hingewiesen werden soll, alle Vergleichssäuerungen jeweils mit der gleichen Essigmenge und der gleichen Essigqualität vorgenommen und die Aufgüsse der Fertigwaren mit der gleichen Konzentration desselben Essigs angesetzt worden waren.

* Die Prüfungen wurden durch einen neutralen, nicht mit dem Ansetzen der Versuche befaßten Kreis durchgeführt.

Kaltmarinaden (Rollmops und Bismarckhering)

	Ansatz A ohne Hygro-Nährschutz ohne H_2O_2	Ansatz B ohne Hygro-Nährschutz mit H_2O_2	Ansatz C mit Hygro-Nährschutz mit H_2O_2	Ansatz D mit Hygro-Nährschutz ohne H_2O_2
pH	4,12	4,12	4,12	4,12
Aussehen	**Lappen:** Fleisch grau **Haut:** stumpf **Aufguß:** klar	**Lappen:** unnatürlich weiß **Haut:** stumpf **Aufguß:** klar	**Lappen:** unnatürlich weiß **Haut:** ansprechender als bei A und B **Aufguß:** klar	**Lappen:** hell im Fleisch; vollkommen natürlich und ansprechend. **Haut:** natürlich, ansprechend **Aufguß:** klar
Geruch	Sehr sauer, sowohl der Aufguß wie die Lappen.	Unangenehm stechend sauer.	Milder und etwas aromatischer.	Auffallend milde, angenehmes, vollmundiges Aroma.
Geschmack	**Fleisch** sehr sauer, rein im Geschmack, aber nicht ganz vollaromatisch. Fleisch mehlig und weich, jedoch nicht saftig. **Aufguß** sauer, wenig Aroma.	**Fleisch** zwar fester als A, aber strohig; ausgelaugt, kein Aroma, sehr sauer und unrein im Geschmack. **Aufguß** unangenehm sauer, kein Aroma.	**Fleisch** zwar fest und saftig, geschmacklich jedoch sehr unrein. Die Säure tritt hier nicht sehr hervor. Die Ware ist also bedeutend milder, hat schon ausgeprägtes bouillonartiges Aroma. **Aufguß** bedeutend milder, jedoch kein ansprechendes reines Aroma.	**Fleisch** fest in der Struktur, saftig und zart, sehr milde, nicht ausgelaugt, volles, abgerundetes Aroma. **Aufguß** sehr milde, bouillonartig angenehmer Geschmack.

Der pH-Wert der fertigen Marinaden betrug, wie bereits oben erwähnt, bei allen Erzeugnissen gleichmäßig 4,12. Der organoleptische Vergleich der vier Ansätze ergab eindeutig, daß die Vorgänge beim Garmachen bei C und D anders verlaufen sein mußten als bei A und B. Die Begründung hierfür ist in den vorstehenden Ausführungen gegeben worden.

Die Zusammenstellung ist aber auch insofern recht aufschlußreich, als sie deutlich zeigt, wie nachteilig sich gerade der Zusatz von H_2O_2 zum Garbad auswirkt. Abgesehen allein schon von der rein äußerlich abstoßenden unnatürlichen weißen Farbe der Lappen, erzeugt ein Zusatz von H_2O_2 einen unangenehmen, stechend sauren (B) und vor allem auch einen unreinen Geschmack (C). Gerade der scharfe, saure Geschmack, den der Verbraucher an der heutigen Marinade ablehnt, wird, wie die Vergleichsuntersuchungen immer wieder zeigten, durch die Zugabe von H_2O_2 hervorgerufen. Es ist anzunehmen, daß H_2O_2 bis zu einem gewissen Grade als Enzymgift wirkt und die enzymatischen Vorgänge beim Garmachen in eine unerwünschte Richtung gelenkt werden, wodurch sich der unangenehm stechend saure und unreine Geschmack bildet.

b) Koch- und Bratmarinaden

Bei den Koch- und Bratmarinaden ergab sich das gleiche Bild. Die mit Hygro-Nährschutz hergestellten Erzeugnisse waren ebenfalls saftiger, milde im Geschmack und hatten ein vollmundiges, reines Aroma.

c) Vollkonserven

Auch bei den Versuchen mit Vollkonserven wurden Vergleichskochungen durchgeführt.

Hergestellt wurden Heringe in Tomaten-, Curry-, Senf-, Südwein- und Biertunke sowie Kippered-Heringe in Öl, Fettheringe in Öl und Hors d'oeuvre.

Bei sämtlichen Tunken wurden jeweils zwei Partien angesetzt. Der einen wurde bei der Zubereitung sofort 1 g Hygro-Nährschutz, berechnet auf 1 kg Tunke, zugegeben, die andere wurde ohne diesen Zusatz hergestellt.

Bei allen Vergleichskochungen — besonders bei den mit fetten Heringen hergestellten — ergab sich nach einer Reife von drei bis vier Wochen ein krasser Unterschied in geruchlicher und geschmacklicher Hinsicht. Die Farben der Tunken — besonders deutlich zeigte sich dies bei den Tomatentunken — waren bei den Partien mit Zusatz von Hygro-Nährschutz natürlicher und kräftiger. Das würzige Eigenaroma der einzelnen Tunken trat geschmacklich besser abgerundet und vollmundiger hervor.

d) Salzungsversuche

Auch Salzungsversuche von Heringen und Seelachs sowie Kräuterungsversuche unter Verwendung von Hygro-Nährschutz haben schon jetzt erstaunliche Erfolge gezeitigt. Über diese Versuche wird gesondert berichtet werden.

Abgesehen von diesen Versuchen auf dem Fischsektor ist bekannt, daß Hygro-Nährschutz bei vielen anderen Zubereitungsverfahren animalischer und vegetabilischer Lebensmittel in der Praxis schon mit gutem Erfolg angewandt wurde.

Die Ergebnisse der empirischen Versuchsreihen weisen darauf hin, daß schon ein geringer Zusatz des dem Wasser durchaus arteigenen Mineralsalzgemisches den Ablauf der Prozesse bei der Garung fischindustrieller Produkte stark beeinflußt. Da diese Prozesse vor allem enzymatischer Natur sein dürften, bestätigen die Versuchsergebnisse die praktische Reichweite des von der chemischen Physiologie geprägten Begriffes der „äquilibrierten Elektrolytkombination".

Zusammenfassung

Von allgemeinen physiologisch-chemischen Überlegungen ausgehend wird die Arbeitshypothese entwickelt, daß die Carbonathärte des Wassers bei der Herstellung von Lebensmitteln einen entscheidenden Einfluß auf die Qualität des Produktes habe. Dieser Einfluß soll in der Abhängigkeit enzymatischer Abbauvorgänge von der Zusammensetzung des Ionenmilieus bestehen.

Diese Arbeitshypothese wird durch Anwendung von Hygro-Nährschutz, bei der eine Umwandlung der Carbonathärte des Wassers in Sulfathärte stattfindet, bestätigt. Das Verfahren wurde speziell bei der Herstellung von Kalt-, Koch- und Bratmarinaden sowie von Fischvollkonserven angewandt und ergab milde, aromatische Erzeugnisse hoher Qualität.

In weiteren Untersuchungen bleiben die physiologisch-chemischen Vorgänge und ihre Beeinflussung durch Hygro-Nährschutz zu klären.

Anschrift des Verfassers:
Dr.-Ing. Rudolf Dietrich, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven.

Literaturverzeichnis

Boas, Fr., 1949. Dynamische Botanik, p. 212—230.

Grassmann, W., Trupke, J., 1951. Enzyme. Flaschenträger, B., Physiologische Chemie, I. Band. Die Stoffe, p. 981—1039.

Groeck, M., 1952. Deutsche Patentschriften Nr. 835 981, Nr. 858 497.

Holz, F., Flaschenträger, B., 1951. Allgemeine Biochemie der Mineralstoffe. Flaschenträger, B., Physiologische Chemie, I. Band. Die Stoffe, p. 185—207.

Höber, R., 1926. Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe.

Kanitz, H. R., 1941. Der Einfluß des Ionenmilieus im Blanchierwasser auf den biologischen Wert von Trockengemüse. Z. U. L. **82**, p. 430—436.

Lenartz, E., 1952. Einführung in die Chemische Physiologie, p. 149—156; 274—279.

Michaelis, L., 1911. B. Z. **33**, 182.

Northrop, J. H., 1922. J. gen. Physiol. **5**, 263; 1923. Naturwiss. **11**, 713.

Untersuchung des Sedimenttransportes auf einigen Flächen des Wurster Wattes (Wesermündung)

Von Hans Lüneburg

Mit 3 Tafeln

Einführung

Eines der wichtigsten Probleme der hydrographisch-geophysikalischen Wattforschung ist zweifellos das der Wanderrichtung und -intensität der größeren Wattflächen, der sogenannten Platen, die wiederum in erster Linie eine Funktion der vorherrschenden Wasserbewegung sind. Gelingt es, sich Klarheit zu verschaffen über den Charakter und Umfang des Sedimenttransportes, so hat man zugleich eine angenäherte Vorstellung über die Hydrodynamik an der betreffenden Stelle des Wattes, ohne erst zu aufwendigen und viel Personal erfordernden Strommeßgeräten greifen zu müssen. In diesem Zusammenhang und im Anschluß an frühere systematische Wattuntersuchungen (Lüneburg 1954) sowie auf Ersuchen der zuständigen Deich- und Wasserverbände wurden in den Jahren 1954 und 1955 Untersuchungen der oberflächennahen Sedimentverfrachtung an drei markanten Stellen des Wurster Wattes durchgeführt. Sie sollen Anhaltspunkte geben für die praktische Auswirkung der Stromversetzung auf Anlandung, Versandung und Abbruch am Marschufer oder in dessen Nähe.*)

Untersuchungsraum und Methodik

Die Auswahl der erwähnten drei Beobachtungsstellen erfolgte auf Grund praktischer Erwägungen, wie sie sich aus den Erfordernissen des Küstenschutzes und anderer wasserbaulicher Maßnahmen an der Wurster Küste ergeben und uns von den zuständigen Behörden nahegelegt wurden. Im Norden erstreckt sich die Cappeler Plate auf der Höhe des Dorfes Cappel in etwa 1 km Abstand westlich der Grodenkante (äußerstes Marschufer) in nordsüdlicher Richtung mit einem Flächeninhalt von etwas weniger als 1 km²; sie besteht hauptsächlich aus feineren Sanden von etwa 200 μ Korndurchmesser, ihre Höhe liegt mindestens 1 m über den benachbarten Prielsenken (Tafel 1, oberes Bild). — Hier war folgendes Problem zu lösen: Ein Teil des nördlichen Wurster Marschlandes entwässert durch die beiden Sielzüge am Cappeler Hafen und, weiter nördlich, am Spiekaer Hafen; diese Sielzüge erfahren seewärts im Watt ihre Fortsetzung im Cappeler Tief und im wesentlich breiteren und tieferen Spiekaer Tief, beide auf dem oberen Bild in der Tafel 1. Infolge starker Erosion an der im Abbruch befindlichen Grodenkante auf der Höhe des Cappeler Tiefs verschlickt

*) An dieser Stelle sei dem Marschenrat in Wilhelmshaven für seine Förderung der Arbeiten gedankt.

dieser an sich schon schmale Wasserlauf mit geringem Gefälle in jüngster Zeit in zunehmendem Maße, derart, daß die Entwässerung durch den Cappeler Sielzug nur noch unzureichend gewährleistet ist. Da eine Vertiefung infolge ausgedehnter harter Muschelbänke im ganzen Bereich des Prieles nicht in Frage kommt, ging man mit dem Gedanken um, das Tief bei seinem Austritt aus dem Vorland in nordwestlicher Richtung etwa 800 m neu in dem dort aus Schlicksand und Feinsand bestehenden Cappeler Watt zu vergraben, bis es Anschluß bekommen würde an den auf Tafel 1 mit „Ostpriel" bezeichneten Lauf östlich der Cappeler Plate, der in weitem Bogen unmittelbar nördlich der Plate in den großen Vorfluter des Spiekaer Tiefs führt; das alte Cappeler Tief wäre gleichzeitig zu verbauen. Auf diese Weise hoffte man, die Entwässerung des Cappeler Sieltiefs über den „Ostpriel" in das aufnahmefähigere Spiekaer Außentief zu gewährleisten. — Eine solche künstliche Verlegung von Prielrinnen im Watt hat natürlich zur Voraussetzung, daß die neugeschaffene Rinne nicht von der Seite her durch wandernde Wattsedimente immer wieder versandet. So war die Aufgabe gegeben, die Sedimentwanderung an der Oberfläche der Cappeler Plate zu untersuchen, und zwar möglichst bei stark wechselnden Windverhältnissen. Zu diesem Zweck errichteten wir zwei Beobachtungsstationen auf der Ostseite der Cappeler Plate (Station „Nord" und „Süd" auf Tafel 1), die genau geortet und mit kurzen Stangen markiert wurden. Sie befanden sich in etwa 200 m Abstand westlich des erwähnten „Ostprieles", und die Befunde an diesen beiden Punkten mußten hinreichenden Aufschluß geben in der Frage der Versandung dieses Prieles. — Es konnten an den beiden Stationen Beobachtungen durchgeführt werden im Juni, September, Oktober und November des Jahres 1955, und zwar bei schwachen bis starken auflandigen sowie ablandigen Winden. — Die Erfassung des Sedimenttransportes erfolgte mit blaugefärbtem Sand (s. S. 130).

Etwa auf halber Strecke zwischen Cuxhaven und Bremerhaven liegt der Kutterhafen Dorumer Siel, aus dem das langgestreckte Dorumer Außentief nach Nordwesten, in Richtung Knechtsand, abfließt und große Teile des Landes Wursten entwässert. Bis vor kurzem war die Grodenkante unmittelbar südlich des Dorumer Hafens stark der Erosion ausgesetzt, und das abgetragene Material wurde zum Teil durch den uferparallelen, recht tiefen Dorumer Priel nach Norden in das Außentief abtransportiert. Nunmehr sind aber an drei Stellen senkrecht zur Grodenkante einige 100 m lange Steinbuhnen durch diesen Dorumer Priel geschlagen worden, um ihn völlig lahmzulegen und damit Erosion und Abtransport zu unterbinden. (Lage der Buhnen sowie der davorliegenden Beobachtungsstationen auf der sogenannten Padingbütteler Plate, s. Tafel 1). Als Folge der errichteten Buhnen haben sich zwischen ihnen in der ehemaligen Prielsenke größere Wasserflächen gebildet, die auch bei Niedrigwasser nicht mehr abfließen können und dann eine Tiefe von 1 m aufweisen. Zum Teil haben sich kleinere Verbindungsrinnsale von Wasserbecken zu Wasserbecken entwickelt,

die in geringer Tiefe um die Buhnenköpfe herum ins nächste nördlichere Becken fließen und nach Rückzug des Flutwassers noch etwas die erwähnten Wassermulden entwässern. Von wasserbaulicher Seite interessiert die Frage, ob ein nennenswerter Sedimenttransport von der Höhe der Padingbütteler Plate in Richtung Ost erfolgt, ob dieses Sediment auf der Ostseite der Plate in die Mulden hineingelangt, diese auffüllt und damit anlandungsreif macht.

Auf der eigentlichen Padingbütteler Plate, die wie die Cappeler Plate mehr als 1 m über die benachbarten Senken hinausragt und bei einem Flächeninhalt von mindestens 1,5 km² eine feste Schlicksandplate (150 bis 180 μ Korndurchmesser) darstellt, wurden die Stationen „West" und „Mitte" eingerichtet, so daß hier die Sedimentbewegung auf der Plate selbst erfaßt werden konnte. Die Stationen „Nord" und „Süd" im Osten des Untersuchungsfeldes dienten zur Erfassung der Sedimenteinwanderung in die Mulden. Diese vier Stationen wurden im Mai/Juni, August und November 1954 aufgesucht.

Die südlichste Untersuchungsfläche lag einige Kilometer nordwestlich des Küstenortes Wremen, auf der Höhe der kleinen Siedlung Schmarren. Es handelt sich hierbei um die sogenannte Grohdener Plate, die sich in ca. 1 km Abstand von der Grodenkante nördlich des rund 2 m unter Wattoberfläche eingeschnittenen und 50—100 m breiten Schmarrener Loches mit einem Flächeninhalt von etwa 1 km² als hohe Sandplate erstreckt (durchschnittliche Korngrößen von 200 bis über 250 μ). Ihre höchsten Punkte liegen im Südosten (bis zu 0,5 m unter mittlerem Tidehochwasser); (s. Tafel 1). Es scheint erstaunlich, daß ausgerechnet hier im südlichen Wurster Watt, fast schon im inneren Bereich der durch schlickige Sedimente gekennzeichneten Wesermündung, die größten Korndurchmesser innerhalb unserer Untersuchungsflächen festgestellt wurden. Diese Tatsache wird dadurch verständlich, daß die Grohdener Plate im Schmarrener Bereich die höchste Erhebung im Watt darstellt, derart, daß die Fläche bei stärkeren ablandigen Winden während der Fluttide nicht mehr vom Wasser bedeckt wird und daß sie nach Westen, in Richtung des auf der Karte mit „Nordpriel" bezeichneten Wasserlaufes schnell absinkt, so daß gerade diese Plate bei den vorherrschenden frischen oder starken westlichen Winden bei auflaufend Wasser besonders der Brandung ausgesetzt ist, alles feine Sediment dort verschwindet und nur noch gröbere Sande übrig bleiben.

Entlang der gesamten Wurster Grodenkante erfolgt vor allem im Raume des Schmarrener Loches der intensivste und nachhaltigste Angriff der See gegen die Marschküste, so daß z. B. an der auf Tafel 1 unten rechts eben noch sichtbaren, durch Deckwerk nicht geschützten Grodenkante jährlich einige Meter Vorland erodiert werden. Die Ursache dieser maximalen Erosion ist natürlich in dem breiten und tiefen Schmarrener Loch zu suchen, das in Richtung der häufigsten Winde, also genau nach Westen, geöffnet ist und in Landnähe küstenparallel abbiegt und so noch die Ausräumung auf

eine größere Strecke ausdehnt. Die Wirkung des auf der Karte östlich der Grohdener Plate erscheinenden sogenannten Schmarrener Prieles ist infolge seiner andersartigen Ausrichtung, seiner geringen Länge und des schützenden Deckwerkes an dieser Stelle weniger beträchtlich.

Hier interessiert die Frage, wie weit die Ausräumung durch das Schmarrener Loch in etwa kompensiert wird durch Sedimenttransport über die Grohdener Plate hinweg nach Osten in die ufernahe Senke vor der Grodenkante hinein, wie dieses andern Ortes im Wurster Watt durchaus der Fall ist. Zu diesem Zweck richteten wir zwei Beobachtungsstationen auf dem Südteil der Grohdener Plate, im Winkel zwischen den beiden großen Wasserläufen des Schmarrener Loches und des Schmarrener Prieles, ein, „Schmarren West" und „Schmarren Ost" (s. Tafel 1). Diese Stationen suchten wir in den Jahren 1954/1955 in Anbetracht der hier besonders großen Gefahr für die Grodenkante am häufigsten auf, und zwar im Dezember 1954 und im März, April, Mai, Juni, August, September und November 1955, so daß praktisch ein geschlossenes Beobachtungsjahr zur Verfügung stand.

Zur angewandten Methodik sei folgendes bemerkt: Da sedimentpetrologische Methoden nur einen generellen Einblick in Sedimenteinwanderung oder -abwanderung für größere Wattgebiete, wie etwa das gesamte Watt zwischen Weser und Elbe, geben können (Dechend 1950) und eine direkte quantitative Erfassung der wandernden Sedimentmengen mit Sandfallen etc. auf dem Watt selbst undurchführbar ist (Nielsen 1938 und van Veen 1937), waren wir darauf angewiesen, an Ort und Stelle Sedimentproben zu entnehmen, zu trocknen, haltbar einzufärben und dann wieder mit Seewasser angefeuchtet an der Oberfläche des Beobachtungsortes auszubringen. Bei windigem Wetter ist während der Ausstreuung unbedingt darauf zu achten, daß keine Körner vom Winde ergriffen und über das Watt verteilt werden. — Sedimentwanderungen und Sedimentablagerungen sind schon häufig mit Erfolg durch Ausbringung gefärbten Sandes erfaßt worden, so z. B. von Nielsen 1935 und Wasmund 1939. Wir übernahmen die von Wasmund gebrauchte Methode in ihren Grundzügen, modifizierten sie aber für unsere Zwecke wesentlich.

So entnahmen wir am Beobachtungsort, der grundsätzlich nur auf völlig planen Flächen angelegt wurde, um Lokalstörungen auszuschalten, lediglich einen großen Eimer Sediment von der Wattoberfläche (wenige cm tief), trockneten im Labor bei 105—110° C und zerrieben locker mit einem größeren Pistill in einem großen Saftsieb, bis aller Sand (etwa 10—11 kg) einigermaßen homogen hindurchgegangen war. Bei diesem Vorgang werden größere Muschelpartien, Holzsplitter und gröbere organische Bestandteile zurückgehalten. Das so homogenisierte Sediment wird in etwa 10 l Seewasser von 20—30 ‰ Salzgehalt eingerührt, dem zuvor pro Liter, also etwa auch pro kg Trockensediment, 1 g des Färbemittels Methylenblau-B-Extra beigegeben wurde. Die Trocknung und Homogenisierung des Sandes

(die die Korngröße natürlich nicht verändert) ist erforderlich, um eine Klumpung desselben zu verhindern, die dazu führen könnte, daß nicht alle Sandkörner gleichmäßig ausgefärbt werden. WASMUND hatte seinerzeit Methylenblau-BGX verwandt, das heute nicht mehr geliefert wird; das von uns ausprobierte Methylenblau-B-Extra hat aber ebenfalls eine sehr intensive Färbekraft; die entsprechenden Unterschiede in Farbton und -tiefe dürften belanglos sein. Es empfiehlt sich nach WASMUND nicht, zum Einfärben des Sandes Süßwasser zu verwenden, was von uns durchaus bestätigt werden konnte; in Süßwasser gefärbte Proben verlieren im Gelände schnell wieder ihre Farbe, die durch das elektrolytisch wirkende Seewasser nachhaltiger auf der rauhen Oberfläche der einzelnen Sandkörner niedergeschlagen und an dieser adsorbiert wird. Nach dem Einrühren des Sandes in die beschriebene Farblösung blieb dieser eine Nacht lang in dem Farbbad stehen, wurde am nächsten Tage dekantiert, erneut getrocknet und dann ein zweites und noch ein drittes Mal in jeweils neu angesetzten Farblösungen eingerührt und je eine Nacht stehen gelassen. Das schließlich vorliegende gefärbte und trockene Originalsediment wurde bei Niedrigwasser wieder an Ort und Stelle ausgebracht. Hierbei ist darauf zu achten, daß das angefeuchtete Sediment flach ausgestrichen wird (etwa 1 cm mächtig und rund 1 m^2 Fläche umfassend), so daß es sich praktisch nicht von seiner Umgebung unterscheidet. Das Befeuchten mit Seewasser erfolgt am besten in einem benachbarten Priel, dann ist ein frühzeitiges Verwehen der Blaukörner unterbunden. — Die von WASMUND erwähnte und praktizierte Einfärbung mit roten Farbstoffen wie Rhodamin, Sudanrot und anderen Farben war in unseren Fällen stets ungeeignet, da wir es im Sediment immer wieder mit rötlich gefärbten Mineralien zu tun haben, die sich bei der anschließend angewandten mikroskopischen Auswertung des Materials kaum von den künstlich eingefärbten Rotkörnern unterscheiden. Im übrigen muß m. E. auch der von WASMUND erwähnte Glasgrieß verschiedener Färbungen abgelehnt werden, da er nie die gleiche Korngestalt gewährleistet, wie sie an Ort und Stelle auftritt; es werden die Transportkräfte bei Glasgrieß ganz anders ansetzen, als dies beim Originalsediment der Fall ist.

WASMUND beschränkt sich bei seinen Untersuchungen in der Ostsee im allgemeinen darauf, das ausgestreute Farbsediment direkt an Ort und Stelle im Strandgebiet visuell zu beobachten und seinen Verbleib auf diese Weise zu verfolgen und lehnt bei dem oft unvermeidlichen Verschwinden des Farbsedimentes aus dem Gesichtsfeld dessen Verfolgung mit dem Mikroskop als zu umständlich ab. — Wir stellten nun fest, daß es schon nach 24 Stunden, also nach zwei Tiden (eher konnte man an den Beobachtungsort nicht wieder herankommen), häufig unmöglich war, den eingefärbten Sand mit bloßem Auge wiederzufinden, da im Tidegebiet der Nordsee die Strömungsintensitäten doch wesentlich heftiger sein können als etwa im Küstenbereich der westlichen Ostsee. Daher wurden spätestens nach 24 Stunden im Rahmen eines Beobachtungsnetzes Sedimentproben eingesammelt und unter

dem Binokular bei etwa zwanzigfacher Vergrößerung die Anzahl Blaukörner/cm² bestimmt. — Im einzelnen erwies sich folgendes Sammel- und Untersuchungsverfahren als geeignet:

An jeder Beobachtungsstation wurden 24 Einzelproben der Oberfläche entnommen. Die Lage der Entnahmepunkte wurde festgelegt durch Kompaß und Abschreiten in den acht Haupthimmelsrichtungen. In 3 m, 9 m und 15 m vom Mittelpunkt aus wurde das Oberflächensediment mit einem Spatel abgestrichen und in je ein numeriertes kurzes Reagenzglas gefüllt. Bei über 20 m Abstand vom Ausstreuungszentrum wurde in den meisten Fällen auch im Binokular kein Blaukorn wiedergefunden.

Die Proben wurden bei 110° C getrocknet, gelockert und der Sand möglichst gleichmäßig dicht an dicht in einer Schicht von einem Sandkorn Mächtigkeit auf den Boden einer Petrischale mit 36 Feldern zu je 1 cm² ausgestreut. Es erfolgte anschließend die Auszählung der Blaukörner in Anzahl/cm² als Mittel von 36 Einzelzählungen. Den unten z. T. in Tafeln dargestellten und diskutierten Blaukornverteilungen liegt dieses Auszählungsverfahren zugrunde. — Wir betrachten bei der Auswertung nur die Gestalt, die Ausdehnung usw. der 100-Korn/cm²-Linie, der 10-Korn/cm²-Linie und der 1-Korn/cm²-Linie.

Das hier beschriebene Verfahren ist lediglich für das Wattenmeer geeignet, da es ein regelmäßiges direktes Aufsuchen des Beobachtungsortes am Meeresboden voraussetzt; außerdem kommt es nach eigener Feststellung nur für Sedimente in Frage mit einer Korngröße von mehr als 120 bis 150 μ Durchmesser, d. h. es muß sich mindestens um Schlicksand handeln, während reine Schlicksedimente äußerst schwer zu färben sind und das gefärbte Sediment anschließend an Ort und Stelle infolge des viskosen Charakters des an organischen Substanzen reichen Schlickes haften bleibt und kein geeignetes Bild des etwa vorhandenen Sedimenttransportes und der verursachenden Wasserbewegung geben kann. — Von Vorversuchen abgesehen, wurden die acht Stationen insgesamt achtundzwanzigmal aufgesucht, so daß mindestens $28 \times 24 = 672$ Sedimentproben durchgezählt wurden.

Auswertung der Beobachtungen — Allgemeine Gesichtspunkte

Beim Überblick über alle Ergebnisse kommt man zunächst einmal zu generellen Bildern, die für alle drei Gebiete einen Vergleichsmaßstab liefern, und außerdem werden Brauchbarkeit und Charakter der geschilderten Methodik dabei gut zutage treten. — Die Häufigkeit des Aufsuchens der Stationen sowie die Wetterlagen und alle interessierenden Einzelergebnisse, die detailliert zu diskutieren unmöglich ist, sind in der Tabelle am Schluß der Arbeit gebracht.

Bei den insgesamt 28 Routineuntersuchungen an den oben erwähnten acht Stationen sind grundsätzlich zwei verschiedene Untersuchungsergebnisse zu unterscheiden:

1. 24 Stunden nach der Ausstreuung ist der Farbfleck im Zentrum noch mehr oder minder vorhanden, d. h. der Sedimenttransport innerhalb dieser Zeit hat keine maximalen Werte erreicht, die im allgemeinen erst bei Windstärken ab Beaufort 5—6 beobachtet wurden. Trotzdem kann sich auch in diesem Falle der die Transportintensität anzeigende Blausandstreifen viele Meter über das Watt hinziehen und damit eine verhältnismäßig starke Verdriftung anzeigen. Die Driftrichtung des Blausandstreifens und damit des ganzen benachbarten Oberflächensedimentes erfolgt übrigens durchaus nicht immer genau in Windrichtung, da die heranflutenden Wassermassen u. U. mit der Windrichtung nicht zusammenfallen. In zwei Dritteln aller beobachteten Fälle war der Blaufleck im Ausstreuungszentrum nach 24 Stunden noch mehr oder minder erhalten, während er nach zwei bis drei Tagen dann endgültig verschwunden war.
2. Beim restierenden Drittel aller Beobachtungen war der Blaufleck infolge größerer Transportintensität praktisch verschwunden. Da der in der Nähe des Beobachtungspfahles ausgestreute Blausand in seinem Zentrum stets mit einem kleinen Zweig zusätzlich markiert war, konnte auch in diesen Fällen jeweils der Mittelpunkt des Beobachtungsnetzes exakt ermittelt werden. In allen Fällen des verschwundenen Blaufleckes waren im Bereich des Beobachtungsnetzes immer noch so viele Blaukörner/cm² vorhanden, daß die Gewinnung eines repräsentativen Verdriftungsbildes nach Auswertung im Binokular gewährleistet war.

Für alle Fälle des vorhandenen zentralen Farbfleckes gilt, daß die Transportintensität um so größer ist, je mehr sich die Spitze der Korn/cm²-Linien vom Farbmittelpunkt entfernt hat. Von Bedeutung ist auch der Abstand dieser Isolinien voneinander, sowie die Größe der von ihnen umrissenen Flächen.

Im zweiten Falle, dem des verschwundenen Farbfleckes, liegen die Dinge umgekehrt. Nachdem nämlich im Verlaufe der fortschreitenden Abtragung des Farbfleckes dieser bei fortgesetzter Einwirkung der Verdriftung völlig verschwunden ist, erfährt die Entfernung der Isolinien vom Zentrum eine Umkehr. Und ist z. B. die Verdriftung infolge starker Winde und anderer Einflüsse äußerst intensiv, so kann der Fall eintreten, daß die 100er-Linie und auch noch die 10er-Linie gar nicht mehr vorhanden sind, während die 1er-Linie sich eng an den Ausstreuungsort anlegt. Ein restloses Verschwinden der letzten Blaukörner innerhalb eines Tages wurde in den eineinhalbjährigen Untersuchungen nie beobachtet. Bei der Deutung des Isolinienbildes ist also prinzipiell zwischen den erwähnten beiden Fällen zu unterscheiden!

Die Auswertung aller Beobachtungen ergab folgende allgemeinen Ergebnisse: Der durchschnittliche Abstand der drei markanten Isolinien zuein-

ander verhält sich etwa wie 1:2:3. Im großen Mittel aller 28 Fälle wies die 100er-Linie in der Haupttransportrichtung einen Abstand von ca. 4 m vom Zentrum auf, die 10er-Linie 8 m und die 1er-Linie (etwas über) 12 m. Wie aus dem Folgenden noch ersichtlich, kann die Kenntnis der Isolinienabstände zur Berechnung der tatsächlichen Sandverlagerung in Meter/24 Stunden herangezogen werden. Es erscheint die Tatsache von Bedeutung, daß der durchschnittliche von der 100er-Isolinie umrissene Flächeninhalt im Falle des vorhandenen Fleckes bei 25 m^2 liegt, die entsprechenden Werte für die 10er-Linie und die 1er-Linie betragen etwa 70 m^2 und 150 m^2.

Da u. U eine Abhängigkeit der Transportintensität von dem durchschnittlichen Korngrößendurchmesser existiert, wurde in vielen Fällen auch diese bestimmt (siehe wiederum das Schlußtabellarium), und zwar auf folgende Weise (Simon 1953):

Bei dem von uns angewandten Schlämmverfahren nach Kopecky ergaben sich vier Fraktionen mit mittleren Korngrößen von 300, 75, 30 und etwa 5 μ. Die Korngrößen wurden mit dem Prozentsatz ihrer Häufigkeit (Gewichtsprozente in Trockensubstanz) multipliziert, die Produkte addiert und die Summe durch 100 dividiert, so daß die mittlere Korngröße und ihre prozentische Häufigkeit in den Durchschnittswert (= dg-Wert) eingehen. Beispiel: Prozentuale Häufigkeit der Korngrößen: 300 μ = 39 %, 75 μ = 41 %, 30 μ = 12 %, 5 μ = 8 %.

Berechnung:

$$\begin{aligned} 300 \times 39 &= 11\,700 \\ 75 \times 41 &= 3\,075 \\ 30 \times 12 &= 360 \\ 5 \times 8 &= 40 \\ \text{Summe} &= 15\,175 : 100 = 152\ \mu, \end{aligned}$$

das entspricht dem sogenannten Schlicksand, während nach unseren Erfahrungen auf den Wesermündungswatten bei durchschnittlichen Korngrößen über 200 μ von reinem Sand und bei Werten unter 100 μ von reinem Schlick gesprochen werden kann. — Auf den drei Beobachtungsflächen lagen folgende Werte für die durchschnittliche Korngröße vor: Im Norden, auf der Cappeler Plate, pendelten die Werte um etwa 200 μ, man hat es dort also mit einem feinen Sandsediment zu tun. Auf der Padingbütteler Plate, im Zentrum des Untersuchungsgebietes, fanden wir Werte zwischen etwa 130 bis 180 μ an den verschiedenen Punkten vor; wir haben es dort mit Schlicksanden zu tun, während die durchschnittlichen Korngrößen an den Stationen nördlich des Schmarrener Loches bei 250 μ liegen und von der Gegenwart reinen und festen Sandes zeugen. Bringt man diese Korngrößen in Beziehung zur Transportintensität, wie sie u. a. in den Flächeninhalten der Hauptisolinien ihren Ausdruck findet, so ergeben sich folgende Zusammenhänge:

	Fläche der		
Korngrößen	100er Isoline	10er Isoline	1er Isoline
über 200 μ	10 m^2	30 m^2	100 m^2
etwa 150 μ	100 m^2	180 m^2	300 m^2

Das heißt, die feineren Sande dehnen sich flächenmäßig stärker bei der Einwirkung des darüber hinströmenden Wassers aus, als dies bei gröberen Sanden der Fall ist, und zwar um ein Vielfaches, wobei die Erscheinung in der Nähe des Beobachtungsortes mehr zum Tragen kommt, als in größerem Abstand. Es sind demnach feinere Schlicksande leichter bei ein und demselben Strom der turbulenten Streuung in die Breite ausgesetzt, als die echten Sande.

Einen Ausdruck für den Grad der beim Transport turbulent in die Breite gehenden Verlagerung hat man auch in dem Verhältnis zwischen der Ausdehnung einer Isolinie in Metern (Abstand vom Mittelpunkt) und der zugehörigen Fläche. Wenn nämlich bei ein und derselben Ausdehnung das eine Mal die zugehörige Fläche klein, das andere Mal jedoch besonders groß ist, so ist natürlich im letzten Falle die seitliche Verstreuung während des Transportes, also die Turbulenz desselben intensiver. — Über den Grad dieser Turbulenz oder der Ausrichtung der Sand-Bewegung (ausgedrückt durch das Verhältnis des Isolinienabstandes zur entsprechenden Fläche) siehe weiter unten.

Hinsichtlich des Windes kann generell festgestellt werden, daß in der Untersuchungszeit vom Frühjahr 1954 bis zum Herbst 1955 frische Westnordwestwinde (Stärke 5) mit 40 % Häufigkeit vorherrschten; in weitem Abstand folgten mit etwa 15 % Häufigkeit Winde aus Südost. Nun liegen aber nicht etwa ebenfalls 40 % aller 28 gemessenen Transportrichtungen nach Ostsüdost, sondern vielmehr 60 %. Das heißt, daß fast $^2/_3$ aller Sedimentverlagerungen senkrecht auf die im allgemeinen nach Nord bis Nordnordost verlaufende Wurster Küste erfolgen, zum Teil also unabhängig vom Wind. Daß diese Erscheinung nicht zur restlosen Versandung der unmittelbar an der Grodenkante befindlichen Watten führt, hat seine Ursache in erster Linie in den dort entwickelten uferparallelen Prielen, wie z. B. im Schmarrener Loch und anderen Wasserläufen. Diese Priele bewirken den eigentlichen Sediment- und Sinkstoff k r e i s l a u f unserer Watten (van Bendegom 1950 — Wohlenberg 1954). — Die allgemeinen Auswertungsmöglichkeiten und Betrachtungen abschließend, sei noch dargelegt, daß die Möglichkeit besteht, angenähert die tatsächliche Wandergeschwindigkeit des oberflächennahen Sedimentes in Metern / 24 Stunden aus den nach diesem Zeitraum beobachteten Abständen der Hauptisolinien vom Farbzentrum zu ermitteln:

Diese Ermittlung ist allerdings nur bei v o r h a n d e n e m Farbfleck möglich, da ja bei verschwundenem Fleck die erwähnten Isolinien (natürlich nicht die Körner selbst) rückläufig sind und daher keine Schlüsse gestatten auf das Tempo des Vorrückens der Sedimente.

Man trägt in ein gewöhnliches Koordinatensystem auf der x-Achse den nach 24 Stunden beobachteten Mittelpunktabstand der Isolinien in Metern ein und auf der y-Achse die Anzahl Blaukörner/cm². In fast allen Fällen

ergibt sich eine Kurve in Hyperbelform, von der aber zunächst noch nicht bekannt ist, an welchem Punkt sie sich etwa der y-Achse nähert. Denn immerhin liegt die 100er-Linie oft noch einige Meter vom Null- oder Zentralpunkt entfernt. Durch die nachfolgende Überlegung gelang es jedoch, festzustellen, daß im Farbzentrum maximal 3000 Körner nebeneinander auf einem cm^2 liegen können, daß also die erwähnte Kurve bei der Zahl 3000 sich der y-Achse annähern wird. Auf folgende Weise gelangten wir zu dieser Maximalzahl von 3000 Sandkörnern/cm^2:

1 cm^2 entspricht einer Fläche von 100 000 000 μ^2. Der durchschnittliche Korndurchmesser auf den untersuchten Platen liegt bei etwa 200 μ. Damit beläuft sich die in die Ebene projizierte Fläche eines Kornes, das man in Annäherung als rund betrachten kann, auf $3{,}14 \times r^2$, also auf $3{,}14 \times 100 \times 100 = 31\,400$ oder rund 30 000 μ^2. Somit passen bei einschichtiger Lagerung maximal auf eine Fläche von 1 cm^2 100 000 000 : 30 000 = ca. 3000 Körner. — Nunmehr ist es also möglich, die die Relation zwischen Abstand und Kornanzahl anzeigende Kurve durch vier Punkte wiederzugeben. Der Abstand des Gros der Oberflächensedimentmenge, sagen wir etwa $^2/_3$ (das entspricht also der Kornanzahl von 2000), ist noch gut der erwähnten Hyperbel zu entnehmen. Wir können damit einwandfrei auf den jeweiligen Abstandshyperbeln der einzelnen Stationen feststellen, wie weit das Gros der Sandmenge (2000 Körner/cm^2) an der Oberfläche im Verlaufe von 24 Stunden vom Mittelpunkt abgewandert ist; es ergibt sich auf diese Weise eine Mindesttransportgeschwindigkeit. Der Idealfall, die Wandergeschwindigkeit des gesamten oberflächennahen Farbsandes (3000 Körner/cm^2) zu ermitteln, ist wegen der Steilheit der Hyperbel in der Nähe dieser hohen Zahlen unmöglich. Immerhin dürfte aber die Wandergeschwindigkeit, wie sie nach obigem Verfahren für $^2/_3$ der oberflächlichen Sedimentmasse ermittelt wurde, mindestens in jedem Falle existent sein. — Die besonders interessierenden Einzelheiten der Transportgeschwindigkeit folgen unten.

Der Sedimenttransport auf der Cappeler Plate (nördliches Watt)

Wie eingangs erwähnt, liegen die Beobachtungsstationen auf der Cappeler Plate auf deren Ostseite, in der Nähe des „Ostprieles", der infolge der geplanten Verlegung des Cappeler Tiefs von besonderem Interesse ist. Die Plate ist hier praktisch völlig eben und die Sandoberfläche war nicht durch Diatomeentafeln, Puckel und Dellen gestört, so daß der Blausand ungestört den tatsächlichen Transport anzeigen konnte. Ferner handelt es sich um feinen Sand, der an der Nordstation einen gleichbleibenden dg-Wert von ca. 250 μ und an der Südstation einen solchen von 195 μ aufweist; bei längerem Verweilen auf dem zunächst festen, von Kleinrippeln (5 cm Wellenlänge) durchzogenen Sand sinkt man langsam immer tiefer ein, es liegt also ein sehr beweglicher Triebsand vor! Es sei vorweggenommen, daß

auf dieser Plate allgemein eine starke Ostkomponente im Sedimenttransport festzustellen war, wobei es immer zu einer scharf ausgerichteten, weit ausgreifenden Verlagerung kam. Typisch für alle beobachteten acht Fälle im Jahr 1955 ist das Verfrachtungsphänomen, wie es sich am 9. 11. 1955 auf der Südstation der Cappeler Plate abspielte: Intensive Ostverlagerung trotz ablandigen Windes; siehe Tafel 2, oben. — Nur bei einem Viertel der auf der Cappeler Plate getätigten Untersuchungen war der Farbfleck nach 24 Stunden noch vorhanden, und zwar war dies am 9. 11. 1955, da an diesem Tage der Wind ablandig wehte. Davon abgesehen ist aber die ablandige Wirkung praktisch bedeutungslos, denn ein Ausbiegen der Isolinien nach Nordwest in Windrichtung ist kaum festzustellen, während andererseits der übliche Transport in Richtung Küste trotz des Gegenwindes sehr gut ausgeprägt ist. — Die übrigen Messungen auf der Cappeler Plate fanden im Juni, September und Oktober 1955 statt, und zwar bei Windrichtungen, die zwischen Südwest und Nordwest schwankten und unabhängig von der Windstärke (von 2 bis 6) das gleiche Bild der Sedimentwanderung lieferten, wie es vom 9. 11. 1955 repräsentativ dargestellt wurde.

Von der etwa 1 km entfernten hohen Grodenkante aus war es gelegentlich möglich, das Auflaufen der Flut über die Plate hinweg zu beobachten. Es handelt sich immer um ein Vordringen in breiter Front aus dem Gebiete des „Westprieles" über die Plate hinweg in den „Ostpriel" hinein (siehe Übersichtskarte). Unsere quantitativen Erhebungen zeigen eindeutig, daß der dieser Flutrichtung entsprechende Sedimenttransport stets gleich intensiv und unabhängig von Windrichtung und Stärke erfolgt. Bei starken uferparallelen Winden wandert das Sediment gelegentlich etwa parallel zum Winde, aber stets überlagert von einer starken Komponente auf Land zu.

Das quantitative Ausmaß der Sedimentverlagerung an den Stationen „Nord" und „Süd" der Cappeler Plate ergibt sich aus folgenden Angaben: Im Mittel beträgt die Ausdehnung der 100-Korn-Isolinie an der Nordstation 8 m gegenüber lediglich 5 m im großen Mittel aller untersuchten Platen, und für die 10er- und 1er-Linie ergeben sich ähnliche Überschüsse, die auf die Stärke der Verfrachtung schließen lassen. An der Südstation greift die 100er-Linie unter gleichen Umständen wie an der Nordstation sogar auf fast 10 m aus (siehe Tafel 2); die Verfrachtung ist dort also mindestens ebenso stark wie im Norden der Plate. Diese Verstärkung des nach Osten gerichteten Transportes im Südteil der Plate tritt an den übrigen Beobachtungstagen erst recht in Erscheinung. — Demgegenüber liegt der von den Hauptisolinien umgebene Flächeninhalt sowohl an der Nordstation wie im Süden unter der allgemein festgestellten Norm aller Platen. So umreißt z. B. die 100-Korn-Isolinie im Norden nur 20 m^2 gegenüber 25 m^2 des gesamten Wattenmittels, und im Süden beträgt dieses Verhältnis auch nur 22:25. Es ist dies nur ein Beispiel; in allen übrigen Fällen wiederholt sich

das Verhältnis immer wieder. Das heißt, es ist die von den markanten Isolinien umrissene Fläche im Falle Cappel relativ klein im Vergleich zu der beträchtlichen Ausdehnung der entsprechenden Linien; das deutet nicht nur auf einen intensiven, sondern darüber hinaus auch noch besonders scharf ausgerichteten Transport der Oberflächensedimente hin. Ein „zielloses Herumwirbeln" der den Transport bedingenden Flutwassermassen liegt demnach nicht vor. Ein Ebbeimpuls besteht praktisch nicht, da zu keiner Zeit und unter keinen Umständen größere Mengen Blaukörper intensiv in die Gegenrichtung transportiert werden. Demnach kommt also die Flut ausgeprägt von Westen über die Plate heran, füllt die festlandnahe Mulde zwischen der Plate und der Grodenkante mehr oder minder schnell an, und die erste Ebbe setzt sich durch den „Ostpriel" nach Norden ab. Dieser Kreislauf verursacht einen steten Triebsandtransport von der Plate in den „Ostpriel" hinein und durch denselben wieder nach See zurück. Beim Durchschreiten des „Ostprieles" fiel uns dementsprechend immer ein weicher, leicht flottierender Sandboden auf, der nie zur Ruhe kam und die geringen Tiefen des Prieles stets variieren ließ. — Es dürfte also der „Ostpriel" keineswegs für eine Aufnahme des neu zu verlegenden Cappeler Tiefs geeignet sein!

Wir wollen noch kurz Bezug nehmen auf das tatsächliche Wandertempo der Sedimente bei einigermaßen normalen Wetterverhältnissen. Leider konnten Sturmlagen nicht erfaßt werden, da das Watt dann nicht hinreichend leerläuft. Die gebrachten Zahlen dürften also Minimalwerte darstellen, wie auch aus den oben gemachten Ausführungen über die Ermittlung des Wandertempos zu schließen ist. — Aus der die Beziehung zwischen der Anzahl Blaukörner/cm² und dem Abstand vom Mittelpunkt darstellenden Kurve entnimmt man, daß der größte Teil aller Oberflächenkörner ($^2/_3$ = 2000 Körner/cm²) nach 24 Stunden etwa 0,4 bis 0,5 m an der Nord- und an der Südstation unter normalen Windverhältnissen, d. h. bei schwachen bis frischen Winden, zurückgelegt hat. Die Ermittlung kann, wie erwähnt, nur bei vorhandenem Farbfleck geschehen; da aber in 75 % der Beobachtungsfälle der Farbfleck auf der Cappeler Plate schon nach 24 Stunden verschwunden, d. h. die Transportintensität besonders groß war, wird man dort mit einem Wandertempo des Oberflächensedimentes von mindestens 1 m/Tag rechnen können, d. h. daß die Plate bei Nichtvorhandensein des „Ostprieles" innerhalb eines Jahres weit auf die Grodenkante hin vorgerückt wäre. So nimmt aber der erwähnte Priel die beträchtlichen Sandmengen auf und hält sie von der kleihaltigen Grodenkante fern. Er verändert dabei seine Tiefenverhältnisse kaum; die Tiefe beträgt bei Niedrigwasser im Schnitt etwa 30 cm.

Aus den Einzelbeobachtungen auf der Cappeler Plate geht eindeutig hervor, daß das Sedimenttransportphänomen und damit auch die entsprechende Wasserbewegung dort großräumig und gleichmäßig erfolgt, wie dies ebenfalls auf der nachfolgend besprochenen Padingbütteler Plate und vor der

dortigen Grodenkante der Fall ist, während ganz im Süden am Schmarrener Loch mit seinen keineswegs großflächigen, sondern stark turbulenten Strömungsverhältnissen innerhalb weniger 100 m Abstand ganz verschiedenartige Sedimentverfrachtungen vorliegen.

Der Sedimenttransport auf der zentralen Padingbütteler Plate

Die aus recht festem Schlicksand bestehende Padingbütteler Plate (dg-Wert um 180 μ) hat mit ca. $1^1/_4$ km eine relativ große Ost-West-Ausdehnung. Die Diskussion wird in zwei Teilen gebracht, da der Charakter an den Stationen „West" und „Mitte" sich grundsätzlich von dem an den Stationen „Nord" und „Süd" in Ufernähe unterscheidet. Die Plate liegt um einige dm höher als die oben betrachtete Cappeler Plate; sie hat eine geringere Wasserbedeckungszeit als jene, nämlich etwa drei Stunden pro Tide gegenüber vier bis fünf Stunden bei Cappel. Infolge dieser höheren und damit geschützteren Lage und weil die Wasserzufuhr von Westen her durch das Dorumer Loch wesentlich geringer ist als durch die breite und tiefe Spiekaer Rinne, haben wir es hier generell mit einer geringeren Wasserbewegung und einem geringeren Sedimenttransport zu tun. Das gilt nicht von der unmittelbaren Küstennähe dieser Plate!

Da sich bei den fünf Messungen an den Punkten „West" und „Mitte" stets eine auffallende Übereinstimmung des Erscheinungsbildes zeigte, wird auch hier wieder eine einzige Darstellung als repräsentativ gebracht; als solche schien diejenige vom 20. 8. 1954 an der Station „Mitte" besonders geeignet, siehe Tafel 2, unten. Aus dieser Darstellung wie auch aus dem Schlußtabellarium geht eine Reihe aufschlußreicher Einzelheiten hervor:

Die Beobachtung wurde bei neutralen Windverhältnissen durchgeführt; es wehte am 20. 8. 1954 nur ein schwacher bis mäßiger Südwind quer zur Hauptwasserbewegung. Bei allen übrigen Beobachtungen auf der Plate wehten schwache bis starke Winde mit 3 bis 5 Windstärken, und zwar sowohl auf- wie ablandig. Trotz dieser Schwankungen in der Windintensität und -richtung waren an allen Punkten der Plate einschließlich der Ufernähe die ausgelegten Farbflecke nach 24 Stunden immer noch gut erhalten. Allein aus dieser Tatsache geht schon hervor, daß die Sandverfrachtung hier wesentlich geringer sein wird als in Cappel. Und im weiteren Gegensatz zur Cappeler Plate liegen hier zwei deutlich ausgeprägte Transportkomponenten vor, und zwar die eine in östlicher, die andere in westlicher oder eher nordwestlicher Richtung, siehe Tafel 2, unten. Gelegentlich überwiegt dabei die Ostkomponente etwas. Immerhin scheint für Padingbüttel zu gelten, daß das, was die Flutbewegung nach Osten schafft, von der etwas mehr nach Norden drängenden Ebbe zum großen Teil wieder zurückgeholt wird, so daß nur eine geringe Verfrachtung nach Osten als Schlußresultante verbleibt. Es existiert andererseits kein das Sediment wieder abführender Prielzug mehr im Osten der Plate, da dieser durch Buhnenbau

ausgeschaltet wurde. Infolgedessen kann der besonders bei Stürmen stärker nach Osten abwandernde Schlicksand der Plate kaum wieder nach See abgeführt werden, eine Tatsache, die vom Standpunkt des Küstenschutzes sehr zu begrüßen ist; davon wird im einzelnen unten noch die Rede sein.

Zur Abrundung des Bildes folgen wiederum einige konkrete Angaben über die Intensität der beobachteten Sedimentverfrachtung:

Als hinreichend repräsentativ wird wiederum die 100-Korn-Isolinie herausgegriffen, da sowohl die 10er- wie die 1er-Linie parallele Erscheinungen aufweisen. Diese Linie zeigt sowohl in dem dargestellten Teil wie auch im Mittel der übrigen Padingbütteler Fälle lediglich einen Abstand von 4 m vom Zentrum gegenüber 5 m Abstand als Gesamtmittel aller Beobachtungen und gar 8 bis 9 m Abstand im Falle der Cappeler Plate. Die Transportintensität dürfte also auf der Padingbütteler Plate selbst nur ca. 50 % derjenigen von Cappel betragen. An der Station „Mitte" entsprach am 20. 8. 1954 der mäßigen Ostkomponente ein etwa gleich intensiver Transport nach Nordwesten. Es handelt sich übrigens bei der Ostkomponente streng genommen, wenn alle Messungen berücksichtigt werden, um eine solche nach Ostsüdost, d. h. der Transport führt die Sedimente auch im Falle der Padingbütteler Plate zunächst senkrecht auf die Küste zu.

Betrachtet man die zugehörigen Flächeninhalte, so ergibt sich auch hier eine scharfe Ausrichtung des allerdings nur mäßigen Transportes, denn die von der 100er-Linie umrissene Fläche liegt im Mittel mit nur 18 bis 20 m² unter dem Schnitt von etwa 25 m², d. h., auch auf dieser Plate sind sowohl die herankommende Flut sowie die abziehende Ebbe ähnlich gut ausgerichtet und wenig turbulent wie auf der Cappeler Plate.

Schließlich ist noch die absolute Wandergeschwindigkeit des oberflächigen Schlicksandes der Padingbütteler Plate zu erwähnen. Sie liegt hier bei nur 0,2 bis 0,3 m/Tag, und da die ausgestreuten Farbflecke unter sonst ähnlichen Verhältnissen langsamer als in Cappel verschwinden, dürfte, von den im Grunde doch nur wenigen Sturmtagen im Jahre abgesehen, die Transportgeschwindigkeit kaum 0,5 m/Tag überschreiten und damit also wesentlich niedriger als auf der Cappeler Plate liegen.

Zusammenfassend ist für die freie Padingbütteler Plate festzustellen, daß die auf Flut und Ebbe mehr oder minder gleichmäßig verteilte Transportintensität relativ gering ist und größere Sandverschiebungen infolge der erwähnten Pendelbewegung kaum stattfinden. Wesentlich anders erfolgt demgegenüber der

Sedimenttransport an der Padingbütteler Grodenkante

Die hier durchgeführten Messungen an den beiden Stationen Padingbüttel „Nord" und „Süd" konnten nur einmal erfolgen, und sie sind nur von verhältnismäßig lokaler Bedeutung, da es hier darum ging, das Einwandern von Sediment in den durch Buhnenbau stillgelegten

Dorumer Priel zu erfassen. — Am Beobachtungstag, dem 4. 11. 1954, wehten nur mäßige westliche Winde; es liegt aber die vorherrschende Windrichtung in der Wesermündung immer im westlichen Sektor, und die Häufigkeit der Windstärke schwankt auch um Beaufort 4. Da die Beobachtungspunkte nur wenige hundert Meter von der Grodenkante entfernt sind, nimmt hier die Korngröße schnell ab; der dg-Wert beträgt nur etwa 140 μ an beiden Stationen, es ist hier die Grenze der Anwendungsmöglichkeit der Blausandmethode gegeben. — Auf der Übersichtskarte in Tafel 1, Mitte, sind mit gestrichelter Linienführung die noch vorhandenen Reste des Dorumer Prieles angedeutet, wie sie sich immer wieder um die Buhnenköpfe herum ausgebildet haben. Es ist äußerst schwierig, derartige für den Küstenschutz schädliche uferparallele Priele restlos zu verbauen. — Im Jahre 1955 erstand jedoch eine weitere, dritte Buhne in unmittelbarer Nähe der Mündung des ehemaligen Dorumer Prieles, die nunmehr endgültig jeden Wasserzug aus den Buhnenfeldern heraus nach Norden unterbinden soll. — Die Anlieger des Deichvorlandes sind sehr daran interessiert, daß die zwischen den Buhnen und damit unmittelbar vor der Grodenkante befindlichen wassergefüllten Senken so schnell wie möglich verlanden, um auf diese Weise zu einem besseren Küstenschutz und zu wirkungsvoller Anlandung zu kommen.

Die Beobachtungen zeigen trotz des nur mäßig entwickelten Windes eine für sämtliche Stationen des Wurster Wattes maximale Ausbuchtung der Linien gleicher Kornanzahl. So beträgt hier der Maximalabstand der 100-Korn-Isolinie vom Mittelpunkt etwa 13 m und mehr gegenüber nur 5 m im großen Mittel der ganzen Wurster Küste; ähnliche Spitzenwerte, die selbst die intensive Sedimentverfrachtung der Cappeler Plate in den Schatten stellen, zeigen die 10er- und die 1er-Linie an, wobei es jedoch unmöglich war, deren Entfernung vom Mittelpunkt nach 24 Stunden innerhalb unseres Koordinatensystems quantitativ zu erfassen, da diese so beträchtlich war, daß sie weit über den 15-m-Radius hinausgriff, siehe Tafel 3, oben, Südstation. In wenigen Metern Abstand vom Farbfleckzentrum konnten sogar bis zu 1000 Blaukörner/cm^2 gezählt werden; das kommt nur äußerst selten vor. Man hätte bei einer derart heftigen Verlagerung des Schlicksandes erwarten können, daß das Farbzentrum nach 24 Stunden völlig verschwunden wäre, was aber an beiden ufernahen Stationen keineswegs der Fall war. Es kann m. E. diese Erscheinung nur mit dem bindig-zähen Charakter des Schlicksandes an dieser Stelle zusammenhängen. Darüber hinaus fällt besonders die breite Verstreuung der Blaukörner auf. Das bedeutet bei der gleichzeitig maximalen Längenausdehnung nicht nur eine intensive, sondern auch eine sehr turbulent in die Breite gehende Verfrachtung. Die herannahende Flut ergießt sich also, und dies kann man von der Grodenkante aus gut in Augenschein nehmen, mit großer Intensität, aber auch mit starker horizontaler Vermischung und Verwirbelung, in die bis zu 1 m und mehr unter der Ober-

fläche der Padingbütteler Plate liegenden Mulden hinein. — Der so in der Breite und senkrecht auf die Küste erfolgende Sedimenttransport sei durch einige quantitative Angaben näher beleuchtet:

Die der 100-Korn-Isolinie entsprechende Fläche nimmt einen Raum von etwa 135 m^2 im Mittel beider Stationen („Süd" = 100 m^2 und „Nord" = 170 m^2) ein gegenüber nur 25 m^2 als großes Mittel für alle Watten; die turbulente Ausbreitung ist also beträchtlich! Diese wenig scharf gestaltete Ausrichtung des Transportes und der dazugehörigen Strömung kommt sehr gut zum Ausdruck, wenn man den Quotienten vom Isolinienabstand ab Zentrum und der entsprechenden Fläche bildet (Strecke in m durch Fläche in m^2). Er beläuft sich im großen Mittel aller Stationen für die 100er-Linie z. B. auf 0,4; im Falle der beiden Stationen an der Padingbütteler Grodenkante betragen die entsprechenden Quotienten aber nur 0,2; die Fläche ist also im Verhältnis zur Ausdehnung der Isolinien um 100 % größer als normal!

Die absolute Transportgeschwindigkeit des Oberflächensedimentes an beiden Stationen belief sich am Beobachtungstag auf rund 1,5 m/Tag. Bei stärkeren auflandigen Winden dürfte das Tempo weitere Steigerungen erfahren, während ablandige Winde infolge der Topographie des Geländes nicht zum Tragen kommen. Es ist also die Wandergeschwindigkeit an dieser Stelle wesentlich intensiver als auf der Cappeler Plate, allerdings muß man sich dabei vor Augen halten, daß am Padingbütteler Ufer das hohe Tempo nur von ganz lokaler Bedeutung sein kann, während die große Wandergeschwindigkeit in Cappel großräumig verteilt ist.

In welchem Umfang die bei Niedrigwasser mindestens 1 m tiefen Wasserbecken zwischen den Buhnen tatsächlich aufgefüllt werden, d. h. mit welcher Geschwindigkeit der einwandernde Schlicksand dort zur Ablagerung kommt, ausgedrückt in cm innerhalb einer gewissen Zeiteinheit, ist unbekannt, könnte aber jederzeit mit Hilfe des Schlickfallpegels ermittelt werden (Lüneburg 1952).

Der Sedimenttransport am Schmarrener Loch (Grohdener Plate)

Während auf den bisher diskutierten Wattflächen eindeutige Sedimenttransportverhältnisse vorliegen, sei es in Form einer mehr oder minder intensiven Verlagerung auf Land zu oder eines etwa gleichmäßigen Hin-und-her-Pendelns dieser Bewegung, wie auf der Padingbütteler Plate, so sind die entsprechenden Erscheinungen auf der Grohdener Plate recht verwickelt und wenig eindeutig, wahrscheinlich bedingt durch die sehr variable Dynamik im Schmarrener Loch selbst, sowie durch die Lage der Untersuchungsfläche im Winkel zwischen dem eigentlichen Hauptpriel und seinem großen Nebenarm auf der Nordseite des Haupttiefs, siehe Tafel 1, unten. — Die beiden Meßstationen liegen auf der Südseite der großen

Grohdener Sandplate, wobei die Station „Ost“ etwa den höchsten Punkt der gesamten Plate einnimmt. Hier schiebt sich gleichsam ein festes Sandkap bis dicht an den erwähnten Winkel zwischen den beiden Prielsystemen vor, es ist dies zugleich die höchste Stelle des gesamten Schmarrener Wattgebietes. Das führt dazu, daß hier keine ausgesprochene Strömungsrichtung vorherrscht; die Wassermassen bewegen sich je nach Wind und Wetter und dem Tidestadium in unregelmäßigen Wirbeln über dieses Südende der Grohdener Plate kurzfristig hinweg, ohne das Sediment eindeutig fortzutransportieren. Etwas anders liegen die Verhältnisse auf der Station „West“, an der die Sedimente noch einen verhältnismäßig starken Flutimpuls aus Westen, aus der Senke des am linken Kartenrand sichtbaren „Nordprieles“ beim Wrack der Bark „Trave“ erfahren, der jedoch bei ablandigen Winden erlischt. — Hier am Schmarrener Loch wurde etwa die Hälfte aller Untersuchungen getätigt, und zwar über einen Zeitraum von etwa einem Jahr vom Dezember 1954 bis zum November 1955 mit Unterbrechungen zur Zeit der Eisbedeckung der Watten im Januar/Februar 1955. — Zwei Gründe führten zu dieser besonderen Beobachtungsdichte:

Erstens ist, wie eingangs erwähnt, das Schmarrener Loch äußerst aggressiv, und es finden dort in unmittelbarer Ufernähe große Sedimentumlagerungen statt. Zweitens erhielten wir anfänglich kein eindeutiges Bild vom dortigen Sedimenttransport, so daß wir glaubten, immer wieder nachfassen zu müssen, bis uns klar wurde, daß diese relativ grobsandige Plate (ca. 250 μ dg) sich gerade durch ihren wenig typischen Sandtransport auszeichnet.

Bei mäßigen Winden war der Farbfleck an der Weststation im allgemeinen erhalten geblieben, in zwei Fällen, bei ablandigen südöstlichen Winden lag er sogar fast unberührt da, ein Zeichen dafür, daß ablandige Winde auf der Grohdener Plate zum völligen Stillstand der Sedimentverfrachtung führen können, eine Erscheinung, die auf den übrigen Platen nie beobachtet wurde. Natürlich müssen wir auch hier wie überall für Sturmflutfälle einen stärkeren Abtransport nach Osten annehmen, aber selbst dann wird keine nennenswerte Sandeinwanderung von der Grohdener Plate in das weiche Schlickgebiet erfolgen, welches sich unmittelbar östlich des Schmarrener P r i e l e s bis zur Grodenkante hin erstreckt. Der Schmarrener Priel stellt eine auffallend scharfe und 2 m tiefe Grenze zwischen dem Sandgebiet im Westen und dem ausgedehnten Schlickgebiet im Osten (dg oft unter 100 μ), das seine Reserven aus der stark im Abbruch befindlichen Uferkante bezieht, dar.

Für die Weststation ergeben sich folgende Einzelheiten: Die relativ schwache Verlagerung der Sedimente zeigt nur eine geringe Ausdehnung der typischen Isolinien. So erreicht die 100er-Linie bei fast immer vorhandenem Farbfleck im Mittel höchstens 3 m Abstand vom Mittelpunkt (in zwei mit Südostwind verbundenen Fällen tritt sie überhaupt nicht in Erscheinung). Das ist weit unter der Norm von 5 m; wie überall, machen auch hier die

10er- und 1er-Linien die Bewegung der 100er-Linie in großen Zügen mit. Bei Winden zwischen westlichen Richtungen und Nordost führte der Transport immer in östliche und südöstliche Richtung, was an der Oststation nicht mehr festgestellt werden kann.

Die verhältnismäßig geringe Sedimentverfrachtung im Westen der Plate ist allerdings durch eine scharfe Ausrichtung gekennzeichnet; der Ausrichtungsquotient zwischen der Isolinienentfernung und der entsprechenden Fläche liegt bei 0,6 gegenüber 0,4 der Norm, d. h. die hier beobachtete geringe Transportkraft ist gut ausgerichtet, stärkere Turbulenzen treten nicht auf.

Die Geschwindigkeit der an der Weststation im allgemeinen noch nach Osten, parallel zum Schmarrener Loch, tendierenden Verfrachtung liegt mit 0,2 bis 0,3 m/Tag recht niedrig und kommt etwa heran an die entsprechenden Verhältnisse auf der Höhe der Padingbütteler Plate.

Dieser Eindruck verstärkt sich dann noch auf der Oststation der Grohdener Plate, die bis zu 2 m über Seekartennull liegt. — Die Transportintensität ist hier, von Ausnahmen abgesehen, noch geringer als im Westen der Plate bei einer fast unberechenbar variierenden Richtung. Auch die Ausrichtung des Transportes ist im allgemeinen nicht sonderlich scharf. Nur in einem Fall, bei starken bis steifen Winden aus Nordnordwest, setzte das Oberflächensediment mit mäßiger Intensität nach Südost. Andererseits haben gut ausgeprägte Winde, wie z. B. auf der Darstellung auf Tafel 3 unten ersichtlich, überhaupt keine Auswirkung auf den Sedimenttransport. In dem dargestellten Fall vom 2. 6. 1955 wehte in der Zeit zwischen der Auslegung des Farbsandes und der Beobachtung am folgenden Tag ein mäßiger Nordwind (Stärke 4) mit dem Resultat, daß das Farbzentrum praktisch unberührt blieb und sich nur eine geringe Ausbreitung weniger Körner in keine bevorzugte Richtung einstellte! — Auch hier war nur in zwei von acht Fällen der Farbfleck nach 24 Stunden verschwunden, während doch auf der sehr beweglichen Cappeler Plate 80 % aller Fälle einen völlig verschwundenen Farbfleck zeigten. — Wenn hier überhaupt von einem regelmäßigen Wandertempo der Sedimentbewegung (im Endeffekt vielleicht wirbelförmig im Kreis) die Rede sein kann, so weist dieses einen Wert von höchstens 0,2 m/Tag auf, kann also weitgehend vernachlässigt werden.

Es läßt sich abschließend feststellen, daß am mittleren Schmarrener Loch von einem nennenswerten Sedimenttransport nicht die Rede sein kann. Unmittelbar unter Land wird der uferparallele Strom, der nach eigenen Beobachtungen Geschwindigkeiten von 1 bis 2 sm/Std. (0,5 bis 1,0 m/sec) erreicht, einen stärkeren Sinkstofftransport hervorrufen.

Zusammenfassung

Einleitend wird dargelegt, wie man eins der wichtigsten geophysikalischen Probleme der Wattforschung, die für Küstenschutz und Landgewinnung bedeutungsvolle Sedimentverfrachtung an der Oberfläche der

großen Wattplaten und damit zum Teil auch ihre hydrodynamischen Ursachen erfassen kann. — Da exakte dynamische Meßinstrumente, Sandfallen etc., entweder zu kostspielig oder aber ungeeignet waren, entschloß man sich, mit Methylenblau-B-extra eingefärbten Sand von Ort und Stelle der Beobachtungsstationen an den Untersuchungspunkten wieder auszustreuen und die Verfrachtung nach 24 Stunden (zwei Tiden) nach Probeentnahme innerhalb eines kreisförmig um den Meßort gelegten Koordinationssystems im Labor mit dem Binokular auf einer Zählplatte quantitativ zu erfassen. Die Methode wurde in ihren Grundzügen von WASMUND 1939 übernommen, aber für die besonderen Zwecke auf dem Watt modifiziert.

Während der vom Frühjahr 1954 bis zum Herbst 1955 laufenden 28 Untersuchungen (bei normalen Windverhältnissen) galt es erstens, die Sedimentverfrachtung auf der Cappeler Plate, nordwestlich Dorumersiel, zu verfolgen, da die dortigen Deich- und Wasserverbände unter geeigneten Umständen das verschlickte alte Cappeler Außentief östlich um diese Plate herumlegen wollten. — Die Untersuchungen zeigten eindeutig, daß die aus feinem Triebsand bestehende Cappeler Plate relativ schnell in östlicher Richtung (etwa einige 100 m pro anno) wandert und somit das geplante neue Tief immer wieder versanden würde.

Zweitens galt es zu ermitteln, wie weit die südlich des Dorumer Außentiefs belegene Padingbütteler Plate den durch Buhnenneubauten stillgelegten uferparallelen Dorumer Priel, der früher in unmittelbarer Ufernähe das Vorland ausräumte, durch Verfrachtung der Oberflächensedimente aufzufüllen vermag.

Hier ergab sich die Tatsache, daß die hohe Padingbütteler Plate selber keine nennenswerten Sedimentverfrachtungen aufweist, sondern vielmehr ein Hin-und-Her-Pendeln ihrer Schlicksandsedimente. — In unmittelbarer Nähe der Grodenkante kann jedoch das Sediment u. U. mit beträchtlicher Transportintensität in die Mulden des ehemaligen Prieles eindringen.

Drittens galt es schließlich, die allgemeine Sedimentverfrachtung am sehr aggressiven Schmarrener Loch nordwestlich des Küstenortes Wremen zu ermitteln. — In unmittelbarer Landnähe ist die Blausandmethode bei Schmarren nicht anwendbar, da das Sediment dort zu schlickig ist (durchschnittliche Korngröße unter 100 μ). Auf den hohen Platen auf halbem Weg zum Hauptfahrwasser der Wesermündung konnte jedoch festgestellt werden, daß ein nennenswerter Transport bei normalen Wetterverhältnissen nicht stattfindet. Die am Ufer erodierten Kleimassen werden also nicht durch vom Westen einwandernde Sedimente ersetzt.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Hans Lüneburg, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

VAN BENDEGOM, L.: 1950. Enkele beschouwingen over de vorming en vervorming van wadden. In „Waddensymposium". Tijdschr. Kon. Nederl. Aardrijksk. Genootsch. Utrecht. Sonderdruck S. 43—65.

DECHEND, W.: 1950. Sedimentpetrologische Untersuchungen zur Frage der Sandumlagerung im Watt Nordfrieslands. Deut. Hydrogr. Zeitschrift. Hamburg. Bd. 3, Heft 5/6. S. 294—303.

LÜNEBURG, H.: 1952. Ein neues Gerät zur Messung des Schlickfalles in Küstengewässern und Häfen. Veröff. des Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven. Bremen. Bd. I, Heft 2. S. 129—138.

— 1954. Vergleichende Wattuntersuchungen im Bereich der Wesermündung. Veröff. des Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven. Bremen. Bd. III, Heft 1. S. 66—125.

NIELSEN, N.: 1935. Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter. — Biol. Medd. Copenhagen. Bd. XII, Heft 4.

— 1938. Et Instrument til Maaling af Sand — og Slamtransport i strömmende Vand. Geogr. Tidskr. Copenhagen. Bd. 41.

SIMON, W. G.: 1953. Untersuchungsergebnisse an Grundproben aus dem Gebiet der Elbe zwischen Scheelenkuhlen und Cuxhaven hinsichtlich der Sandwanderung. Mitt. d. Wasser- und Schiffahrtsdirektion, Hamburg. Nr. 11. S. 1—153.

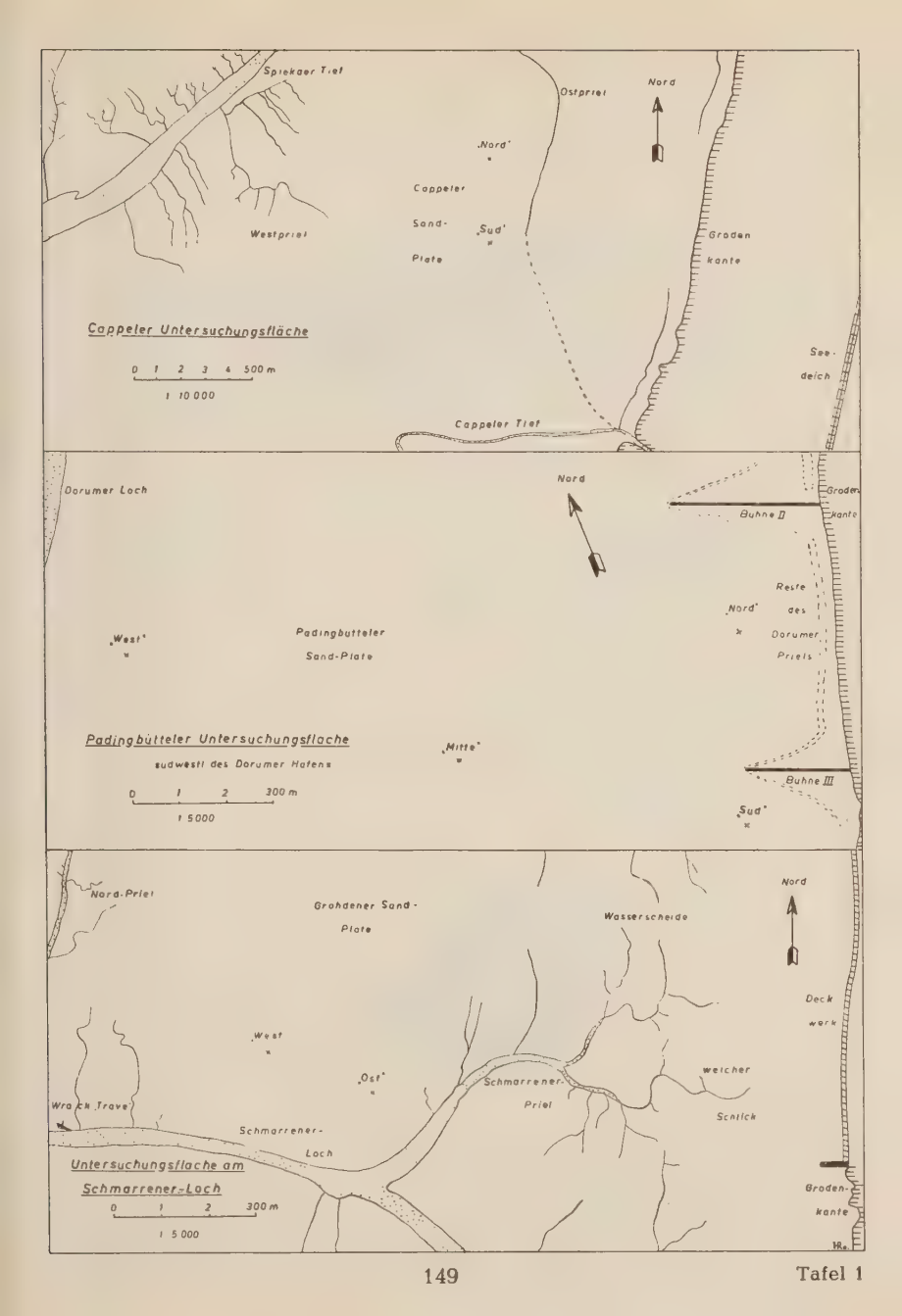
WASMUND, E.: Färbung und Glaszusatz als Meßmethode mariner Sand- und Geröllwanderung. Geol. d. Meeres u. Binnengew. Berlin. Bd. 3, S. 143—172.

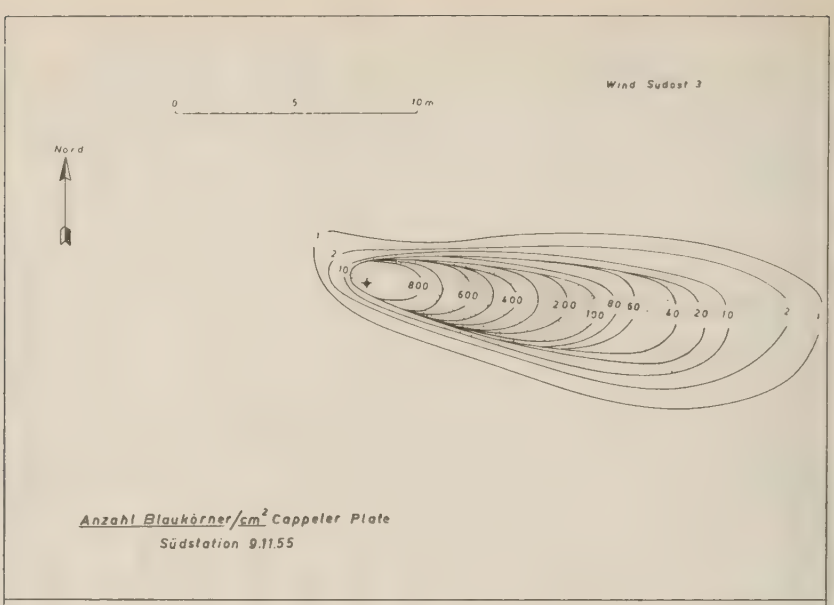
WOHLENBERG, E.: 1954. Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm. In „Die Küste". Heide/Holst. Jahrgang 2, Heft 2. S. 33—94.

VAN VEEN, J.: 1937. Apparate zur Untersuchung der Sandbewegung in natürlichen Wasserläufen. Geol. d. Meeres u. Binnengew. Berlin. Bd. I, S. 317 ff.

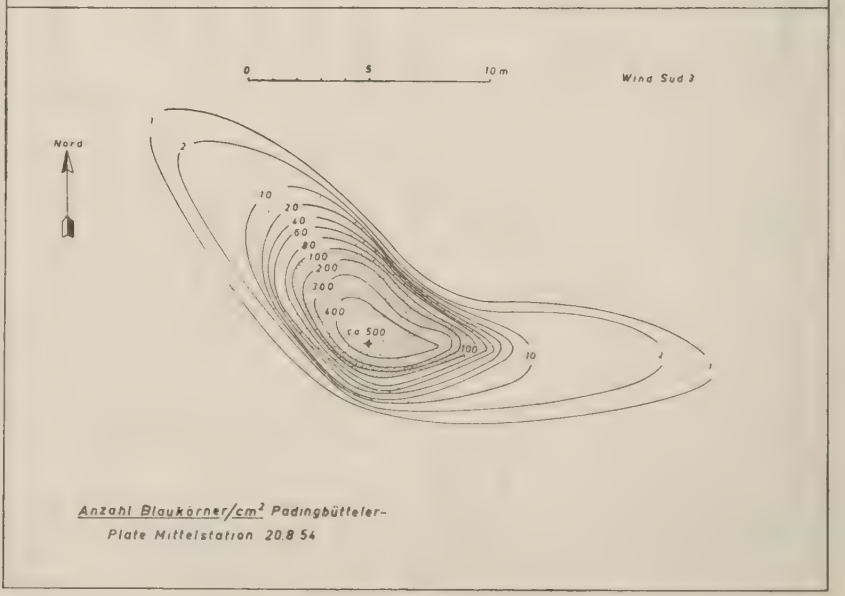
Station	Datum	Wind	Transportrichtung	Beschaffenheit des Farbzentrums	Durchschn. Korngröße in μ	m-Entfernung vom Zentrum			m² Inhalt		
						100 Korn-Linie	10 Korn-Linie	1 Korn-Linie	100 Korn-Fläche	10 Korn-Fläche	1 Korn-Fläche
Padingbüttel West	12. 5. 54	O 4	SO	teilweise abgetragen	195	1	4	15	0	7	42
Padingbüttel West	25. 6. 54	SSW 5	(SO)	teilweise abgetragen	196	1	6	15	2	53	197
Padingbüttel West	20. 8. 54	S 3	O (NW)	fast unberührt	—	5	11	17	20	64	152
Padingbüttel Mitte	20. 8. 54	S 3	O (NW)	fast unberührt	178	5	7	14	24	57	126
Padingbüttel Mitte	4. 11. 54	WNW 4	SO	teilweise abgetragen	178	8	12	15	43	160	330
Padingbüttel Kante (Nord)	4. 11. 54	WNW 4	OSO	teilweise abgetragen	127	22	35	45	170	320	370
Padingbüttel Kante (Süd)	4. 11. 54	WNW 4	OSO	teilweise abgetragen	143	13	25	35	98	320	370
Schmarren Ost	14. 12. 54	SW 5	NNO	**fast verschwunden**	243	2	10	15	5	60	190
Schmarren Ost	18. 3. 55	NNW 6	SO	fast unberührt	210	5	9	12	10	43	120
Schmarren Ost	5. 4. 55	SW 1	SW	unberührt	246	0	2	5	0	5	29
Schmarren West	12. 5. 55	WNW 5	SO	**völlig verschwunden**	229	2	7	15	5	42	170
Schmarren Ost	12. 5. 55	WNW 5	ONO	**völlig verschwunden**	252	2	6	15	4	62	325
Schmarren West	2. 6. 55	N 4	SO	fast unberührt	—	8	12	20	32	58	140
Schmarren Ost	2. 6. 55	N 4	W (O)	unberührt	—	0	2	11	0	7	125

Station	Datum	Wind	Transport-richtung	Beschaffenheit des Farbzentrums	Durchschn. Korngröße in μ	m-Entfernung vom Zentrum			m² Inhalt		
						100 Korn-Linie	10 Korn-Linie	1 Korn-Linie	100 Korn-Fläche	10 Korn-Fläche	1 Korn-Fläche
Cappel Nord	16. 6. 55	WNW 6	O	**völlig verschwunden**	—	3	7	10	7	34	78
Cappel Süd	16. 6. 55	WNW 6	O	**völlig verschwunden**	—	0	7	14	0	25	235
Schmarren West	23. 8. 55	NO 2	SO	fast unberührt	—	4	9	16	8	32	78
Schmarren Ost	23. 8. 55	NO 2	(SW)	fast unberührt	243	0	3	4	0	14	29
Cappel Nord	7. 9. 55	NW 2	SO	**völlig verschwunden**	212	6	12	20	18	56	180
Cappel Süd	7. 9. 55	NW 2	SO	**völlig verschwunden**	190	7	13	22	18	64	136
Schmarren West	23. 9. 55	SO 3	O	unberührt	251	0	2	9	0	3	36
Schmarren Ost	23. 9. 55	SO 3	(SW)	unberührt	255	0	3	9	0	9	90
Cappel Nord	7. 10. 55	SW 6	NO	**völlig verschwunden**	213	0	7	12	0	16	66
Cappel Süd	7. 10. 55	SW 6	NO	**völlig verschwunden**	197	0	2	15	0	3	96
Schmarren West	4. 11. 55	SO 4	(NO)	fast unberührt	239	0	0	2	0	0	6
Schmarren Ost	4. 11. 55	SO 4	SW	unberührt	249	7	12	20	21	38	100
Cappel Nord	9. 11. 55	SO 3	O	teilweise abgetragen	223	8	11	13	20	40	88
Cappel Süd	9. 11. 55	SO 3	O	teilweise abgetragen	200	9	15	19	22	54	108

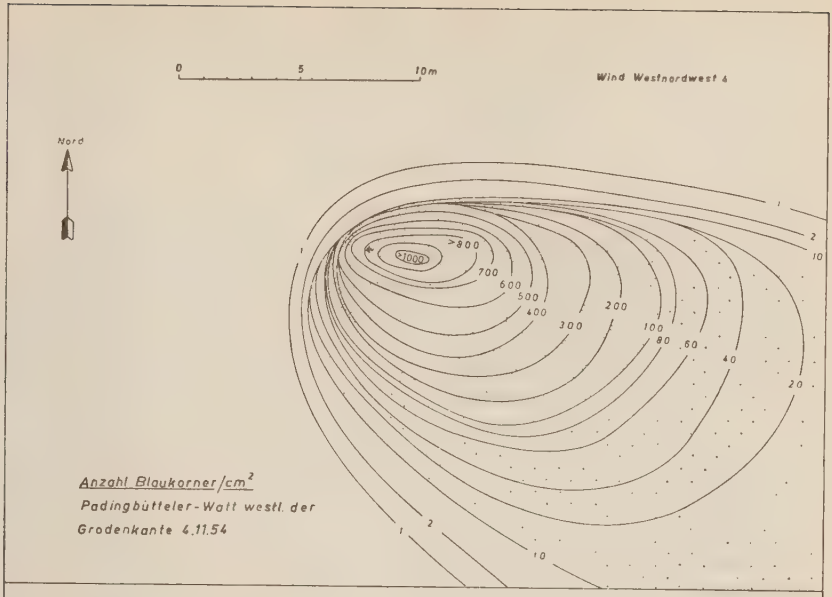

Spiekaer Tief
Ostpriel
Nord
„Nord"
Cappeler
Sand-
Plate
„Süd"
Westpriel
Graden
kante
Cappeler Untersuchungsfläche
0 1 2 3 4 500 m
1 10 000
See-
deich
Cappeler Tief
Dorumer Loch
Nord
Graden
kante
Buhne II
Reste
des
Dorumer
Priels
„Nord"
„West"
Padingbütteler
Sand-Plate
Padingbütteler Untersuchungsfläche
südwestl. des Dorumer Hafens
„Mitte"
0 1 2 300 m
1 5000
Buhne III
„Süd"
Nord-Priel
Grohdener Sand-
Plate
Wasserscheide
Nord
Deck
werk
„West"
„Ost"
Schmarrener-
Priel
weicher
Schlick
Wrakk Trave
Schmarrener-
Loch
Untersuchungsfläche am
Schmarrener-Loch
0 1 2 300 m
1 5 000
Graden-
kante
Hr.



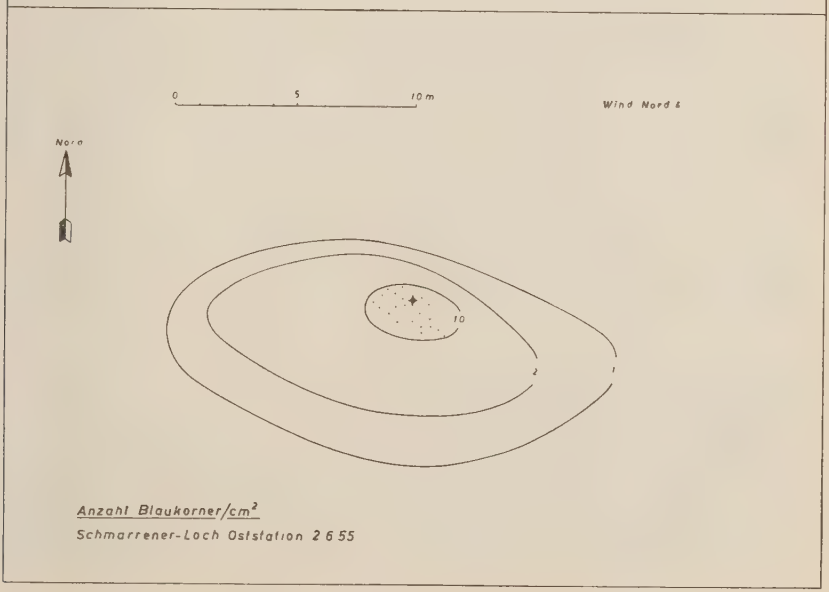
Anzahl Blaukörner/cm² Cappeler Plate
Südstation 9.11.55



Anzahl Blaukörner/cm² Padingbütteler-
Plate Mittelstation 20.8 54



Anzahl Blaukorner/cm²
Padingbütteler-Watt westl. der
Grodenkante 4.11.54



Anzahl Blaukorner/cm²
Schmarrener-Loch Oststation 2 6 55

Die Hydrographie des Jadebusens und der Innenjade

Von Max Gillbricht

Mit 11 Abbildungen

Schon seit Jahrzehnten ist das Jadegebiet (Abb. 1) aus wasserbaulichen Gründen hinsichtlich Tidenstrom, Sandwanderung usw. eingehend untersucht worden. Eine Ergänzung des Materials durch rein hydrographische Beobachtungen erschien daher durchaus lohnend. Aus diesem Grunde wurden vom März 1951 bis zum September 1953 von der fischereibiologischen Abteilung des Max-Planck-Instituts für Meeresbiologie in Wilhelmshaven entsprechende Messungen durchgeführt.

Vor allem hinsichtlich des Wasseraustausches kommt derartigen Beobachtungen in abgeschlossenen Meeresbuchten, Flußmündungen, Wattengebieten usw. neben theoretischen Erwägungen eine große praktische Bedeutung zu, da man hier bei zunehmender Industrialisierung mit Abwasserschäden rechnen muß, und außerdem schon lange Fischerei und Fischereiforschung an diesen Gewässern interessiert sind. Dementsprechend sind in den letzten Jahren zahlreiche Veröffentlichungen über derartige Probleme erschienen. Aus unserem Gebiet ist die umfangreiche Arbeit von Postma (1954) zu erwähnen.

Vor Auswertung des Materials wollen wir uns aber überlegen, mit welchen Verhältnissen wir im Untersuchungsgebiet zu rechnen haben. Die in dieser Gegend relativ hohe Flutwelle der Nordsee läuft in den engen Mündungsschlauch der Innenjade hinein und staut sich schließlich im Jadebusen hoch auf (Blum, 1931), so daß der mittlere Tidenhub bei Wilhelmshaven 3,59 m beträgt (Strombautaschenbuch 1940). Hieraus resultieren Tidenströme, die im Fahrwasser der Jade regelmäßig Geschwindigkeiten von 3,5 bis 4 km/h erreichen und eine starke Durchmischung bedingen. Von Fahrzeugen aus ist an vielen Stellen aufquellendes Wasser zu beobachten, das aus der Tiefe durch Bodenerhebungen an die Oberfläche gelenkt wird. Entsprechend läßt sich denn auch praktisch keine vertikale Schichtung mehr nachweisen.

Beim Wasser des Jadebusens kommt noch hinzu, daß es bei jeder Tide zu drei Vierteln durch die Enge zwischen Wilhelmshaven und Eckwarderhörn hindurchströmen muß, was die Durchmischung abermals erhöht. Außerdem ist zu bedenken, daß die Wassererneuerung in einer derart abgeschlossenen Meeresbucht weitgehend durch bestimmte Einzelereignisse beeinflußt wird und durchaus nicht gleichmäßig erfolgt. Extreme Wasserstände und Winde mögen oft genug ein starkes Abweichen von der Regel bedingen, während unsere Aussagen sich natürlich nur auf Mittelwerte beziehen können.

Temperatur und Salzgehalt

Am einfachsten erscheint es zunächst einmal, Temperatur- und Salzgehaltswerte aus dem Jadebusen mit solchen außerhalb der Jade zu vergleichen. Betrachten wir hierzu die eigenen monatlichen Mittelwerte[1]) (März 1951 bis September 1953) und die entsprechenden Zahlen vom FS. „Weser" (Abb. 2). Die Temperaturkurven sagen nicht sonderlich viel aus. Wir erkennen aber, daß die Amplitude in der Jade größer ist, und daß die Extremwerte jeweils etwa einen Monat früher eintreten. Wir haben es also mit einem „kontinentaleren" Temperaturverlauf zu tun.

Hinsichtlich des Salzgehaltes ist der Unterschied zwischen Jadebusen und FS. „Weser" jedoch erheblich größer. Beim Feuerschiff zeigt sich regelmäßig im Winter oder zeitigen Frühjahr ein geringer Abfall, der wohl auf den erhöhten Süßwasserzufluß der Weser in diesen Monaten zurückzuführen sein dürfte (Goedecke, 1938). Im Jadebusen hingegen läßt sich eine viel stärkere Schwankung des Salzgehaltes beobachten. Einem ausgeprägten Frühjahrsminimum folgen regelmäßig im Herbst besonders hohe Werte[2]). Es dürfte dies unmittelbar mit Niederschlag, Zufluß und Verdunstung zusammenhängen, während die Vorgänge beim FS. „Weser" sicher von untergeordneter Bedeutung sind. Aus der Höhe des Salzgehaltes ist zu ersehen, daß viel weniger Süßwasser als Seewasser in den Jadebusen gelangt, was bei dem kleinen Einzugsgebiet (Abb. 1) auch nicht weiter verwundert.

Wir haben nun zahlreiche Längsschnitte durch die Innenjade gelegt und fanden stets eine recht gleichmäßige Zunahme des Salzgehalts nach außen hin (Abb. 3). Ein entsprechendes Bild ergab sich auch bei Auswertung der Ankerstationen, indem die Strecke aus Stromgeschwindigkeit und Zeit bestimmt wurde. Errechnen wir nunmehr für die einzelnen Monate den mittleren Salzgehaltsgradienten, und tragen wir ihn gegen den mittleren Salzgehalt des Jadebusens auf, so erhalten wir einen einfachen Zusammenhang (Abb. 4). Die Auswertung der Meßpunkte ergibt:

$$\triangle S_1 \text{ km} = 1{,}00034 - 0{,}031667 \text{ S}.$$

Nun wird aber fraglos $\triangle S = 0$, wenn der Salzgehalt innen und außen gleich hoch ist. Dies ist der Fall bei einem Salzgehalt innen von S = 31,59 ‰,

[1]) Auf Grund täglicher Messungen beim Institut.

[2]) Die mittleren Jahreskurven für Temperatur und Salzgehalt im Strombautaschenbuch 1940 decken sich weitgehend mit den vorliegenden Daten.

Abb. 1 Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes. Eingetragen sind die beiden Ankerstationen, der Querschnitt, die Probenentnahmestelle im Jadebusen (⊙), die Grenzen der Innenjade (——) und die Strecke von der Beobachtungsstelle im Jadebusen bis zum Mischungsgebiet im Wattenmeer (- - -); ferner die Zuflußgebiete von Jadebusen (\\\\\\) und Innenjade (////); das Jade-Wapeler Siel ist mit seinem Einzugsgebiet besonders markiert (×××).

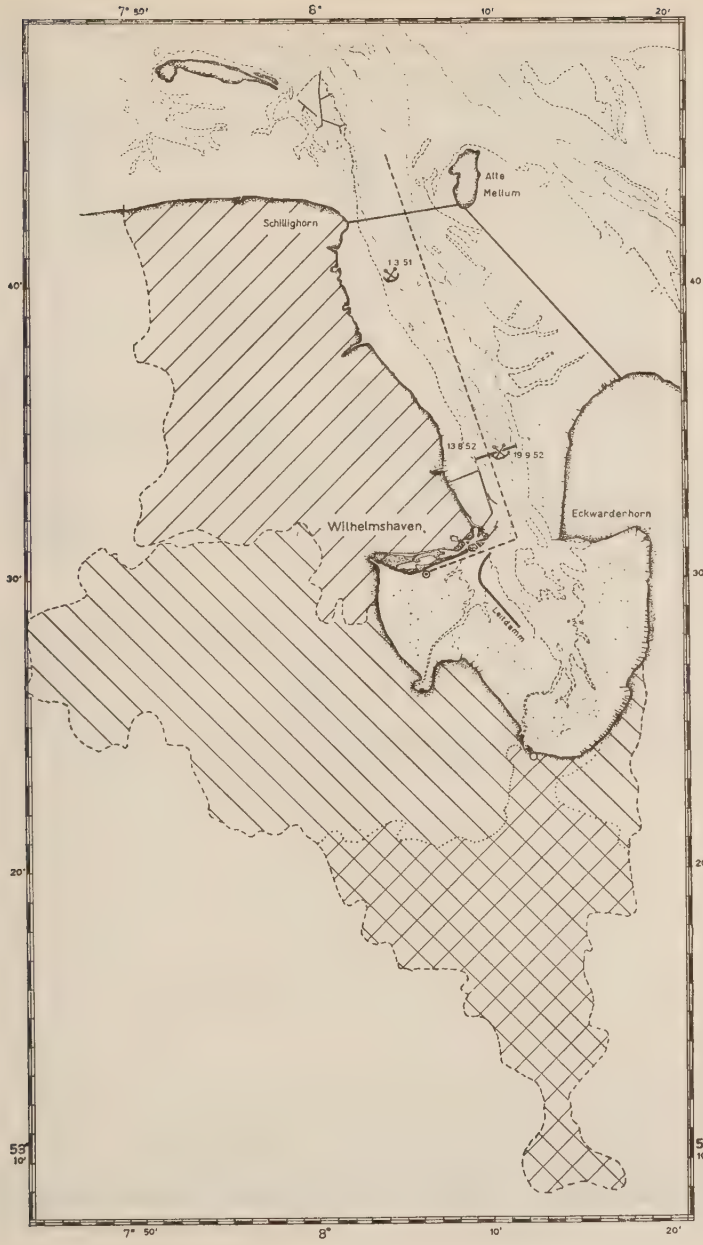

7° 50'
8°
10'
20'
40'
30'
20'
53° 10'
Alte Mellum
Schillighorn
13 5 51
13 8 52
19 9 52
Eckwarderhorn
Wilhelmshaven
Leitdamm

Abb. 2 Monatliche Mittelwerte der Temperatur und des Salzgehaltes beim FS. „Weser" und im Jadebusen.

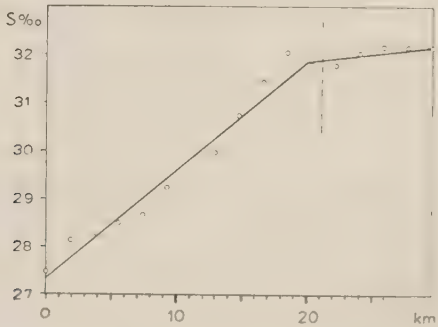


Abb. 3 Oberflächenproben vom 24. 3. 1952. Beziehung zwischen Salzgehalt und Fahrtstrecke durchs Wasser. — ---- Beginn des Wattenmeeres.

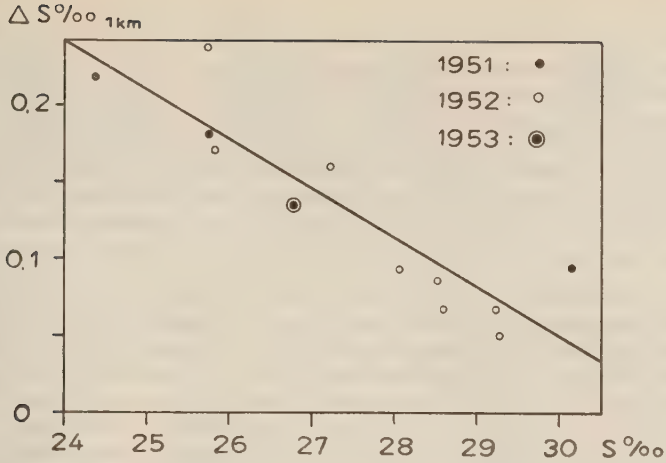


Abb. 4 Beziehung zwischen dem horizontalen Salzgehaltsgradienten bei Längsschnitten und dem Salzgehalt im Jadebusen (monatliche Mittelwerte).

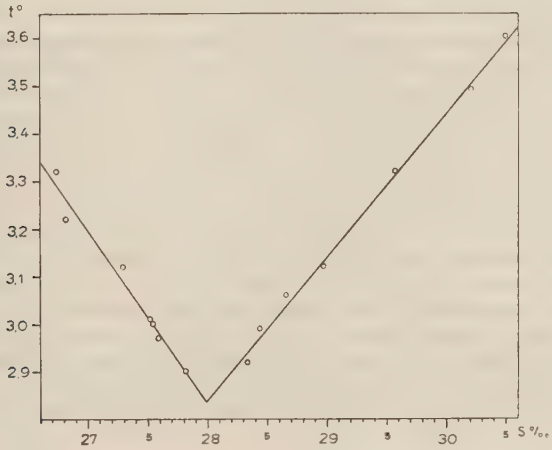


Abb. 5 Oberflächenproben vom 28. 2. 1952. t/S-Diagramm.

d. h. der äußere Salzgehalt kann für die Beobachtungsperiode als praktisch konstant mit diesem Wert angenommen werden. Er liegt etwas unter dem Mittelwert beim FS. „Weser" (31,90 ‰). Nach diesem Befund zu urteilen, dürfte das Mischungsgebiet mehr zur Küste hin gelegen sein. Setzen wir

nunmehr in der Gleichung S = 0, so erhalten wir den Salzgehaltsgradienten unter der Annahme, daß im Jadebusen Süßwasser vorhanden ist. Teilen wir folglich den Salzgehalt außen (31,59 ‰) durch den Gradienten, dann gibt das Ergebnis den Abstand zwischen Meßpunkt und Mischungsgebiet. Die Eintragung dieser Strecke (31,58 km) in Abb. 1 läßt erkennen, daß (bei Hochwasser) die Mischung der Wassermassen vorzugsweise im Gebiet des Wattenmeeres erfolgen dürfte. Das Seewasser des Jadebusens stammt also nicht unmittelbar aus der Nordsee, sondern kommt zumeist über das Wattenmeer. Der Knick in der Kurve in Abb. 3 bestätigt diese Tatsache.

Einen qualitativen Einblick in die Größe des Austausches zwischen Jadebusen und Nordsee bzw. Wattenmeer vermitteln geeignete t/S-Diagramme, von denen in Abb. 5 ein Beispiel gebracht ist. Wenn die tiefsten Wassertemperaturen des Winters überschritten sind, dann erfolgt die Erwärmung der Innenjade zum großen Teil durch Zustrom wärmerer Wassermassen von See her und aus dem flachen, rasch erwärmbaren Jadebusen. In der Innenjade ergibt sich so ein ausgeprägtes Temperaturminimum, das sich im Frühjahr 1952 über viele Wochen beobachten ließ. Die Vermischungsvorgänge in diesem Gebiet dürften sich demnach in Grenzen halten (Linke, 1939).

Quantitative Angaben

Wollen wir diese Überlegungen einmal mengenmäßig auswerten, so müssen wir uns zunächst einen Überblick über die Süßwasserzuflüsse verschaffen. Das Einzugsgebiet der Jade ist in Abb. 1 dargestellt (nach Angaben des Wasserwirtschaftsamtes Varel). Von den insgesamt 99 500 ha entwässern etwa 64 900 ha in den Jadebusen und etwa 34 600 ha in die Innenjade. Genaue Abflußmessungen liegen nur vom Jader-Wapeler Siel vor. Nehmen wir aber an, daß das Verhältnis zwischen Niederschlagsmenge, Fläche und Zuflußmenge überall gleich ist, so lassen sich ohne Schwierigkeiten wenigstens größenordnungsmäßig die Süßwassermengen berechnen. Hierbei ergibt sich, daß im Durchschnitt 35 % der Niederschläge in den Jadebusen und die Innenjade gelangen. Hinzu kommen noch die unmittelbaren Niederschläge, die bei der 36 300 ha großen Gesamtfläche etwa den gleichen Betrag ausmachen. Anders verhalten sich die Dinge jedoch, wenn wir Jadebusen und Innenjade gesondert betrachten[3]). Im Innern überwiegen die Zuflüsse, außen haben die Niederschläge die größere Bedeutung. Für den gesamten Zeitraum (März 1951 bis September 1953) ergeben sich folgende Zahlen[4]):

---

[3]) Als Grenze zwischen beiden gilt die Verbindungslinie Wilhelmshaven—Eckwarderhörn; mit „Innenjade" ist stets das in Abb. 1 angegebene Gebiet gemeint.

[4]) Für die Berechnung der Zuflüsse wurden die beobachteten Niederschläge in Minsen, Jever, Wilhelmshaven, Neuenburg, Varel und Rastede benutzt. Zur Bestimmung der unmittelbaren Niederschläge im Gebiet des Jadebusens und der Innenjade dienten die Werte von Wilhelmshaven.

	Jadebusen	Innenjade	zusammen
Fläche	166 km²	197 km²	363 km²
Zufluß	504,3 . $10^6 m^3$	240,7 . $10^6 m^3$	745,0 . $10^6 m^3$
Niederschläge	344,2 . $10^6 m^3$	404,5 . $10^6 m^3$	748,7 . $10^6 m^3$
ξ Süßwasser	848,5 . $10^6 m^3$	645,2 . $10^6 m^3$	1493,7 . $10^6 m^3$

Die Verhältnsise für die einzelnen Monate sind für das Gesamtgebiet in Abb. 6 wiedergegeben.

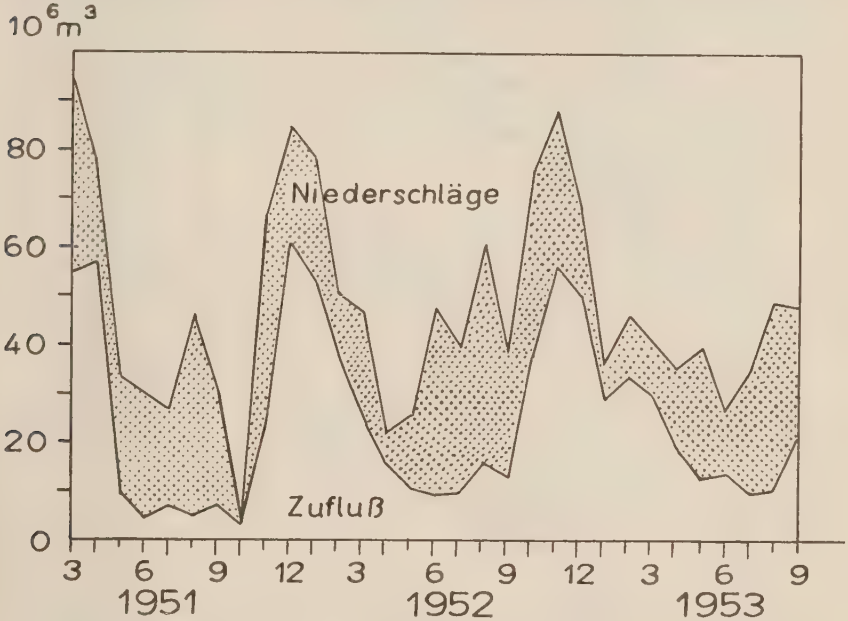


Abb. 6 Monatliche Mengen von Zufluß und Niederschlägen für das gesamte Jadegebiet.

Zur Berechnung der Verdunstung bedienen wir uns der einfachen, von SVERDRUP, JOHNSON und FLEMING (1946) angegebenen Formel, die zur Bestimmung von Näherungswerten geeignet ist. Für den Jadebusen werden die eigenen Mittelwerte benutzt, für die Innenjade das Mittel aus diesen und den Daten vom FS. „Weser". Für den Dampfdruck der Luft und für die Windgeschwindigkeit werden die Angaben von Bremerhaven verwandt, da in Wilhelmshaven derartige Messungen lange Zeit nicht durchgeführt wurden. Das Ergebnis ist für den Jadebusen in Abb. 7 dargestellt. Für den gesamten Zeitraum errechnen sich folgende Werte:

	Jadebusen	Innenjade	zusammen
Verdunstung	254,4 . $10^6 m^3$	261,2 . $10^6 m^3$	515,6 . $10^6 m^3$
ξ Süßwasser-Verdunstung	594,1 . $10^6 m^3$	384,0 . $10^6 m^3$	978,1 . $10^6 m^3$
Verdunstung in % von ξ Süßwasser	30,0 %	40,5 %	34,5 %

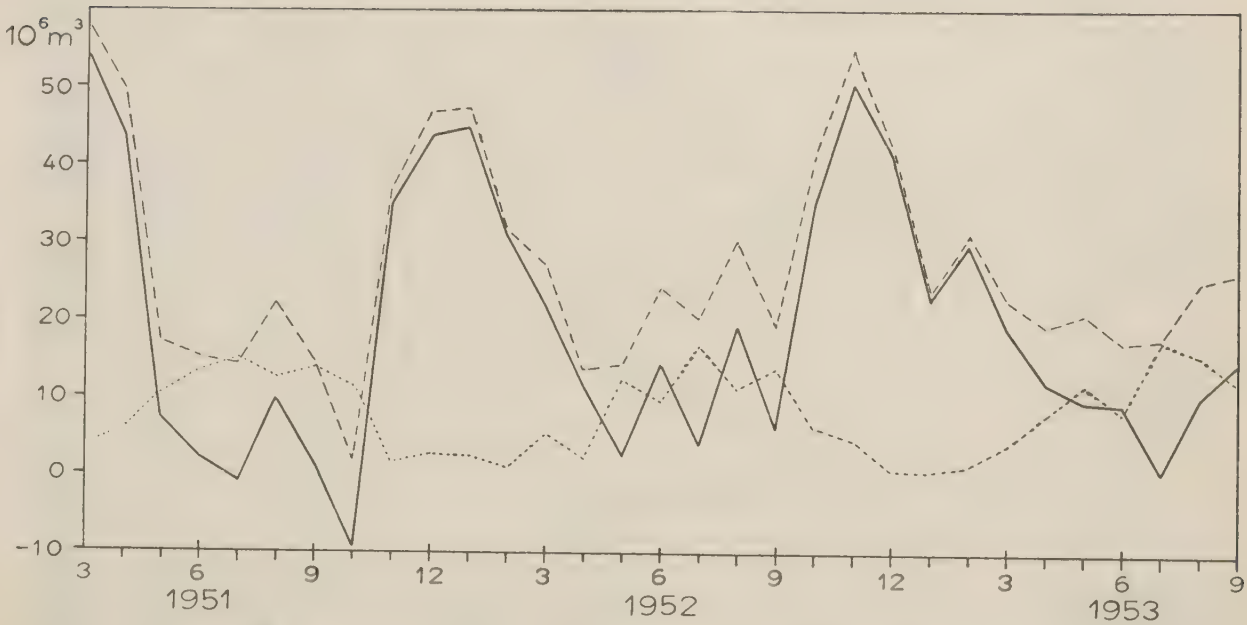


Abb. 7 Jadebusen: ξ Süßwasser: — — — —, Verdunstung: ....., Süßwasserüberschuß: ————

Aus diesen Zahlen ergeben sich für das Gesamtgebiet für Zufluß und Niederschläge jährlich etwa je $300 \cdot 10^6 m^3$, von denen etwa $190 \cdot 10^6 m^3$ wieder verdunsten.

Wie beeinflussen diese Süßwasserzuflüsse nun den Salzgehalt? Betrachten wir zunächst einmal Abb. 8. Die obere Kurve zeigt den monatlichen Süßwasserüberschuß (ξ Süßwasser-Verdunstung) und die untere (ausgezogene) den mittleren monatlichen Salzgehalt im Jadebusen. Es ist deutlich

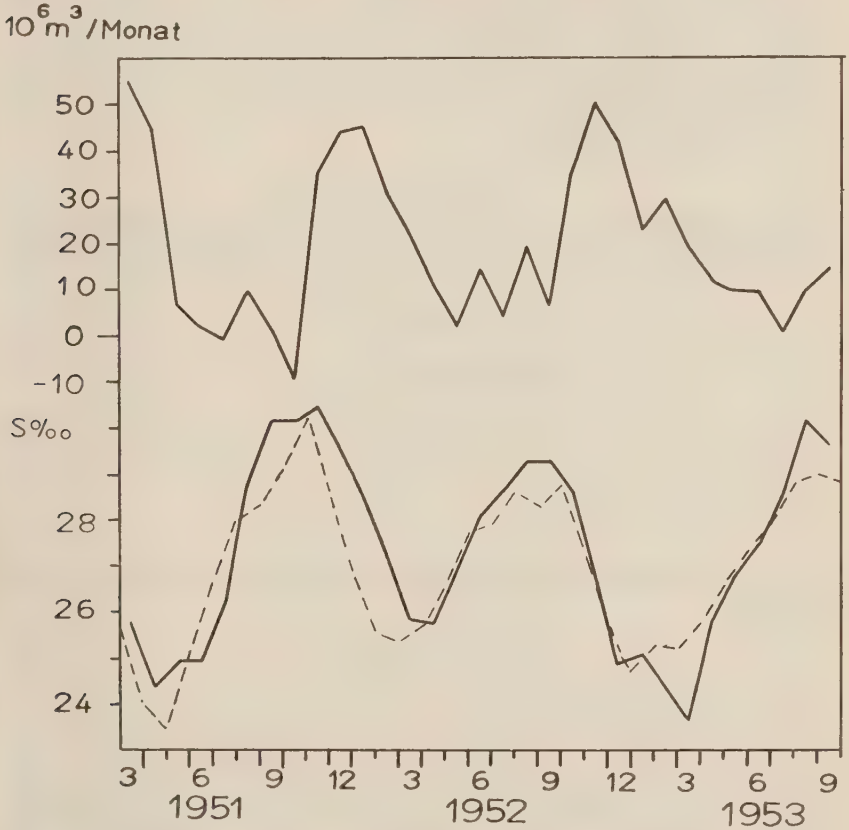


Abb. 8 Jadebusen: Obere Kurve Süßwasserüberschuß; untere Kurven beobachteter (————) und berechneter (— — — —) Salzgehalt.

zu erkennen, daß ein hoher Süßwasserüberschuß nicht unmittelbar einen geringen Salzgehalt bedingt und auch umgekehrt ein geringer Süßwasserüberschuß nicht direkt einen hohen Salzgehalt zur Folge hat. Vielmehr

zeigt die Salzgehaltskurve gegenüber der Süßwasserkurve eine deutliche Phasenverschiebung. Die Extreme des Salzgehaltes treten später ein als die entsprechenden des Süßwasserüberschusses etwa in dem Sinne, daß besonders hohe bzw. niedrige Süßwasserwerte starke Salzgehaltsgradienten bedingen. Wir können auf Grund dieser Beobachtung, wenn wir die Phasenverschiebung als Wirkung der Mischung ansehen, folgende Auffassung vertreten:

Die Salzgehaltsschwankungen im Jadebusen sind zur Hauptsache bedingt durch den wechselnden Süßwasserüberschuß. Jeder Süßwassermenge entspricht als Grenzwert ein bestimmter Salzgehalt, dem sich die wirklich zu beobachtenden Zahlen nach einer e-Funktion nähern. Wir nehmen also an, daß die Süßwasserbeimischung (F) dem Süßwasserüberschuß (U) im Grenzfalle unmittelbar proportional ist:

$$F = a \cdot U \ldots (1)$$

$$a = \text{Proportionalitätsfaktor}$$

Statt des Süßwasseranteils wird aber lieber der Salzgehalt angegeben. Wir müssen folglich die Gleichung (1) entsprechend umformen. Der Salzgehalt ist aber zunächst ein Maß für den Seewasseranteil (M):

$$M = \frac{S_i}{S_a}$$

S_i = Salzgehalt Jadebusen[5])

S_a = Salzgehalt außen = 31,59 ‰

Hieraus folgt:

$$F = 1 - M = \frac{S_a - S_i}{S_a} \ldots (2)$$

Aus (1) und (2) ergibt sich dann:

$$S_i = S_a - a \cdot S_a \cdot U \ldots (3)$$

Das Mittel des gesamten Beobachtungszeitraums wird etwa dem Grenzfall entsprechen:

$$S_i = 27{,}285\ ‰,$$

$$U = 19{,}2 \cdot 10^6 m^3/\text{Monat}$$

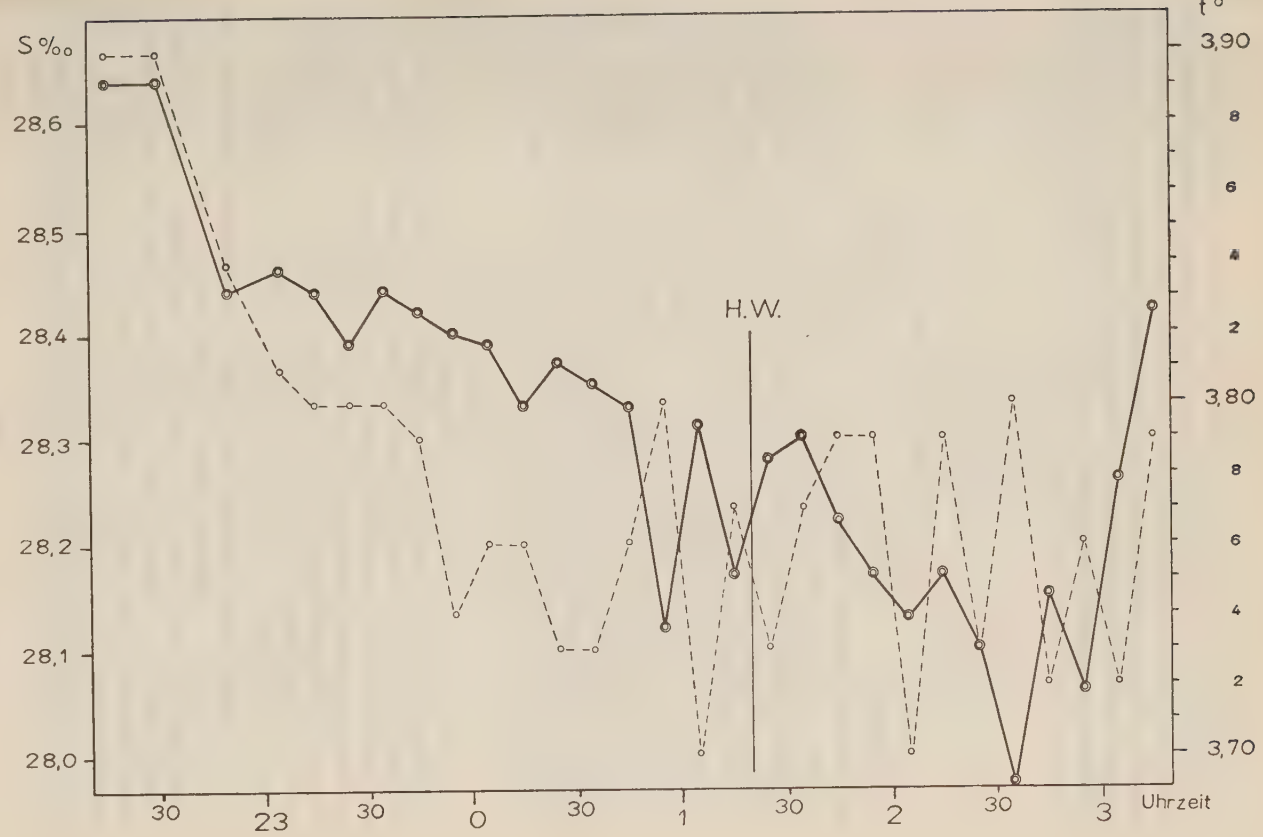
Aus diesen Zahlen errechnet sich:

$$S_i \text{ Grenzwert} = 31{,}59\ ‰ - 0{,}2242 \cdot 10^{-6} U \cdot m^{-3} \cdot \text{Monate} \cdot ‰ \ldots (4)$$

Da wir den Zuflußüberschuß für jeden Monat bestimmt haben, ist somit auch jeweils der Grenzwert gegeben. Es bleibt jetzt nur noch die Frage zu klären, mit welcher Geschwindigkeit sich der wirklich zu beobachtende Salzgehalt ihm nähert. Hierzu bestimmen wir den Salzgehalt zu den

[5]) Die eigenen Messungen werden für die Rechnung als repräsentativ für den ganzen Jadebusen angenommen.

Abb. 9 Oberflächenproben vom 25./26. 3. 1952. Bei einer Markierungsboje in der Gegend von Tonne N treibend genommen. t^0: o----, $S^0/_{00}$: ⊙———.


S ‰
28,6
28,5
28,4
28,3
28,2
28,1
28,0
t °
3,90
8
6
4
2
3,80
8
6
4
2
3,70
H.W.
30
23
30
0
30
1
30
2
30
3
Uhrzeit

Monatswechseln, indem wir jeweils das Mittel aus den letzten fünf Tagen des ersten und den ersten fünf Tagen des zweiten Monats bilden. Wir haben dann gegeben: Den Salzgehalt am Anfang des Monats, den Salzgehalt am Ende des Monats und den Zuflußüberschuß und somit den Grenzwert im Verlaufe des Monats. Nun bilden wir in jedem Falle die Differenz zwischen Anfangssalzgehalt und Grenzwert ($\triangle S_1$) und Endsalzgehalt und Grenzwert ($\triangle S_2$). Aus der Summe aller Differenzen errechnet sich:

$$\frac{\triangle S_2}{\triangle S_1} = 0{,}749$$

Für den Zeitraum eines Monats gilt also:

$$\triangle S_2 = 0{,}749 \ \triangle S_1$$

oder allgemein: $\triangle S_2 = \triangle S_1 \cdot 10^{-0{,}125 \cdot \text{Monate}}$ ... (5)

Die Differenz zwischen dem beobachteten und dem Grenzwert vermindert sich also pro Monat um nahezu genau ein Viertel.

Nehmen wir nun den Mittelwert aus den ersten Märztagen 1951 (25,66 ‰) und berechnen wir von ihm aus auf Grund der gegebenen Grenzwerte und der eben ermittelten Salzgehaltsänderung den Verlauf des Salzgehaltes, dann ergibt sich die gestrichelte Kurve in Abb. 8. Beobachtung und Rechnung decken sich befriedigend. Die Abweichungen der beiden Kurven scheinen allerdings nicht nur zufälliger, sondern z. T. auch periodischer Natur zu sein. Dies dürfte durch eine Schwankung des Salzgehalts im Mischungsgebiet und vor allem durch eine jahreszeitliche Änderung des Austausches zwischen Jadebusen und Wattenmeer bedingt sein. Die Rechnung kann also nur Näherungswerte geben und läßt sich wegen der vielen zufälligen Störungen auch nicht genauer durchführen.

Der Wasseraustausch

Aus Formel (2) S. 162 ergibt sich eine mittlere Süßwasserbeimischung im Jadebusen von 13,6 % oder (bei Hochwasser) $73{,}4 \cdot 10^6 m^3$. Der Zufluß beträgt aber $19{,}2 \cdot 10^6 m^3$/Monat. Mithin verbleibt das Wasser im Durchschnitt etwa vier Monate im Jadebusen selber. Dann gelangt es in die Innenjade. die ihrerseits einen eigenen Süßwasserüberschuß von $12{,}4 \cdot 10^6 m^3$/Monat bei einer Süßwasserbeimischung (bei Mittelwasser) von $61{,}4 \cdot 10^6 m^3$ aufweist. Folglich verläßt das Süßwasser im Mittel nach etwa zwei Monaten wieder die Innenjade, um von hier aus ins Wattenmeer abzufließen.

Auf welchem Wege geschieht dies aber? Eine vertikale Schichtung hat sich auf Grund der Ankerstationen nicht nachweisen lassen, da die Turbulenz viel zu groß ist, um bei so geringen Wassertiefen meßbare Unterschiede entstehen zu lassen. Daß in Wahrheit natürlich gewisse Schichtungen bestehen, ließ sich nur indirekt veranschaulichen (Abb. 9). Das Oberflächenwasser zeigt beim Hin- und Herströmen eine durch die geringere Stromgeschwindigkeit des Bodenwassers bedingte Änderung. Beim Flutstrom nimmt der Salzgehalt an der Oberfläche ab und beim Ebbstrom zu,

wie unsere Messungen in einem mit einem treibenden Brett (mit Stromkreuz) bezeichneten Wasserkörper ergeben haben. Für den Wasseraustausch dürfte diese Beobachtung aber ohne praktische Bedeutung sein.

So ist es denn sicherlich ratsam, den Süßwassertransport in der Innenjade als reinen Turbulenzvorgang aufzufassen. Für die rechnerische Behandlung dieses Problems hat STOMMEL (1953) einen recht einfachen Weg gewiesen. Er kommt für den Austausch zu folgender Formel:

$$A_n = \frac{Q \cdot 2a \cdot (1 - f_n)}{S_n \cdot (f_{n-1} - f_{n+1}}$$

A_n = Austausch beim Querschnitt n [$cm^{-1} \cdot g \cdot s^{-1}$][6])
Q = durchströmende Süßwassermenge [$g \cdot s^{-1}$]
a = Abstand der Querschnitte = 10^5 cm
f_n = Süßwasseranteil beim Querschnitt n
S_n = Fläche des Querschnitts n [cm^2]

Die Süßwassermenge konnte in unserm Falle nicht als konstant angenommen werden, da im Gebiet der Innenjade relativ viel Süßwasser hinzukommt. Für die Rechnung wird die durchströmende Süßwassermenge als mit der Entfernung vom Jadebusen linear zunehmend angesehen.

Der Süßwasseranteil wird aus der linearen Beziehung zwischen Strecke und Salzgehalt berechnet. Dieser Zusammenhang ergibt sich zwar aus unseren Messungen, ist aber sicher nur in erster Näherung richtig. Wir müssen folglich annehmen, daß unsere Formel im mittleren Gebiet der Innenjade die besten Werte liefert und berücksichtigen bei der Rechnung entsprechend lediglich die Strecke von 6 bis 15 km unterhalb des Jadebusens[7]).

Die Flächen der Querschnitte werden für Mittelwasser der Seekarte entnommen.

Unter diesen Bedingungen ergeben sich folgende Werte:

n	Q	f_n	S_n	A_n
km	$10^6 g \cdot s^{-1}$	%	$10^6 cm^2$	$10^5 cm^{-1} \cdot g \cdot s^{-1}$
5		8,74		
6	8,6	8,31	378	4,8
7	8,8	7,88	374	5,0
8	9,1	7,44	384	5,1
9	9,3	7,01	368	5,4
10	9,5	6,58	432	4,8
11	9,7	6,15	484	4,4
12	9,9	5,72	452	4,8
13	10,2	5,29	460	4,9
14	10,4	4,86	528	4,3
15	10,6	4,42	520	4,5
Mittel				4,8

[6]) In der Arbeit werden für alle Größen nichtmetrische Maßeinheiten angegeben.

[7]) Die übrigen Daten streuen auch nicht wesentlich mehr um etwa den gleichen Mittelwert.

Wir erhalten somit für den Austausch einen Wert von etwa $5 \cdot 10^5$ $cm^{-1} \cdot g \cdot s^{-1}$, der zwar wesentlich geringer ist als die bekannten Daten über den horizontalen Austausch aus dem offenen Meere (SVERDRUP, JOHNSON und FLEMING, 1946), aber mit Rücksicht auf die Kleinheit des Gewässers doch als recht groß angesehen werden muß.

Wie sieht es nun aus, wenn wir uns die Austauschvorgänge von der Mündung aus betrachten? Mit welcher Geschwindigkeit werden z. B. Planktonwolken oder Schwärme von Fischlarven in die Jade eindringen? Nehmen wir zunächst einmal vereinfachend an, daß im Mündungsgebiet plötzlich eine Wolke auftritt, deren Konzentration sich über längere Zeit nicht verändert. Unter dieser Voraussetzung läßt sich die Zunahme des Planktons in der Innenjade berechnen:

$$P = P_0 - P_0 \cdot \Theta \cdot \left(\frac{z}{2 \cdot \sqrt{A \cdot t}}\right)$$

P = gesuchte Konzentration

P_0 = Konzentration im Mischungsgebiet

Θ = Wahrscheinlichkeitsintegral = 0,48

z = Abstand vom Mischungsgebiet [cm]

A = Austausch = $4{,}8 \cdot 10^5 \cdot cm^{-1} \cdot g \cdot s^{-1}$

t = Zeit nach Auftreten der Wolke [s]

Die hieraus resultierende theoretische Zunahme der Planktonorganismen mit der Zeit zeigt Abb. 10. Die Kurve a gibt die Verhältnisse bei Wilhelmshaven wieder, während die beiden anderen die Vorgänge nach einem Drittel (c) bzw. zwei Dritteln (b) dieser Strecke beschreiben. Wir sehen hieraus, daß die sicher schon gut nachweisbaren 10 % - Werte bereits nach 1,2 bzw. 5 bzw. 11 Tagen erreicht werden. Diese Zeiten sind durchaus erträglich, so daß wir schon allein durch die Turbulenz mit einem beachtlichen Eindringen von Planktonorganismen in die Jade rechnen können.

Allerdings bedarf eine derartige mathematische Formulierung im biologischen Bereich gewisser Einschränkungen und Ergänzungen. Zunächst einmal ist zu bedenken, daß der Planktongehalt eines Wasserkörpers naturgemäß keine konservative Größe ist. Einzelne Arten mögen günstige Lebensbedingungen in der Innenjade vorfinden, sich stark vermehren und dadurch eine größere Geschwindigkeit des Eindringens vortäuschen. Andere wiederum sterben unter den besonderen Verhältnissen in großer Zahl ab und gelangen so kaum weiter in das Innere. Außerdem tritt nach unserer heutigen Auffassung das Plankton stets in relativ kleinen Wolken auf, so daß die Voraussetzung der unveränderten Konzentration im Mischungsgebiet in Wahrheit sicher nicht zutrifft. Entsprechend ist dann auch in der Innenjade mit einer gewissen Wolkenbildung zu rechnen. Noch andere Verhältnisse liegen wiederum bei den großen Planktonorganismen vor

(z. B. Fischlarven), deren relativ starke Eigenbewegung ihnen eine aktive Schwarmbildung erlaubt. Diese Schwärme stellen sicher auch in turbulentem Wasser kaum zerstörbare Einheiten dar und lassen sich wohl niemals der Formel gemäß aufteilen. Wir müssen derartige aktive Ansammlungen daher für unsere Betrachtung als Einzelindividuen ansehen, d. h. solche Schwärme dringen stets geschlossen ein und lassen sich auch überall im Gebiet entsprechend nachweisen.

Weitere Unregelmäßigkeiten sind durch die Pumpbewegungen der Gezeitenströme zu erwarten. Ein großer Teil des Wassers, das zur HW.-Zeit die Innenjade erfüllt, ist bei Niedrigwasser im Mischungsgebiet zu finden und erhält hier fraglos mehr oder weniger zufällig eine wechselnde Beimischung von Wattenmeerwasser. Dies mag gelegentlich den Transport einzelner Arten wesentlich beschleunigen. Unterstützt wird das Eindringen des Planktons bisweilen ferner durch die Tatsache, daß beträchtliche Änderungen der HW.-Höhen binnen weniger Tage häufig zu beobachten sind. Dies

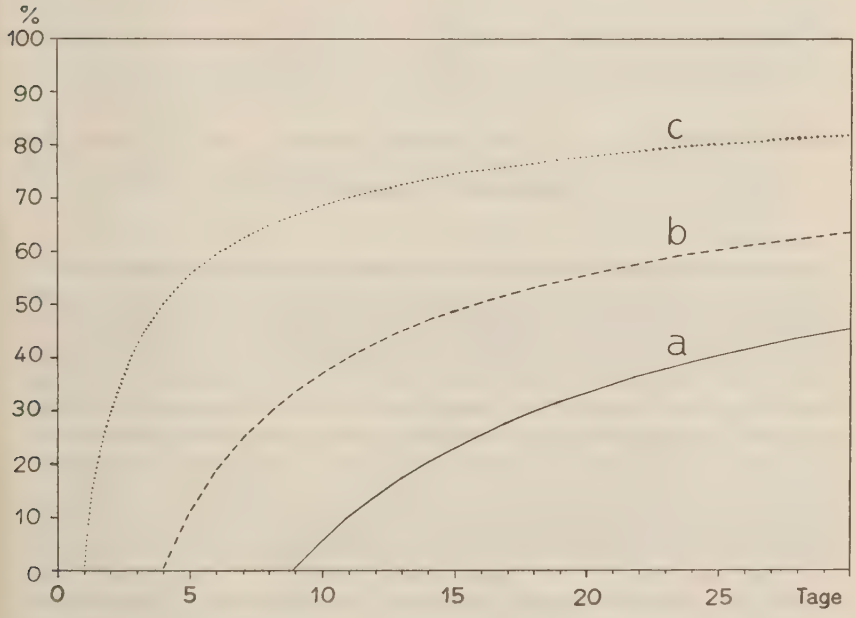


Abb. 10 Theoretische Zunahme der Planktonkonzentration mit der Zeit in der Innenjade bei verschiedenen Abständen vom Mischungsgebiet. c = 8,4 km, b = 16,8 km, a = 25,2 km (Wilhelmshaven).

bedeutet bei einem Anstieg um 1 m ein Eindringen des Wattenwassers in die Innenjade von etwa 5 bis 6 km. Zu solchen Zeiten gilt dann für die theoretische Zunahme der Planktonzahlen bei Wilhelmshaven fast die Kurve b in Abb. 10. Der umgekehrte Vorgang führt entsprechend zum langsameren Eindringen des Planktons. In Extremfällen bewirken die Wasserstandsschwankungen sogar eine deutliche Änderung des Salzgehaltes im Jadebusen.

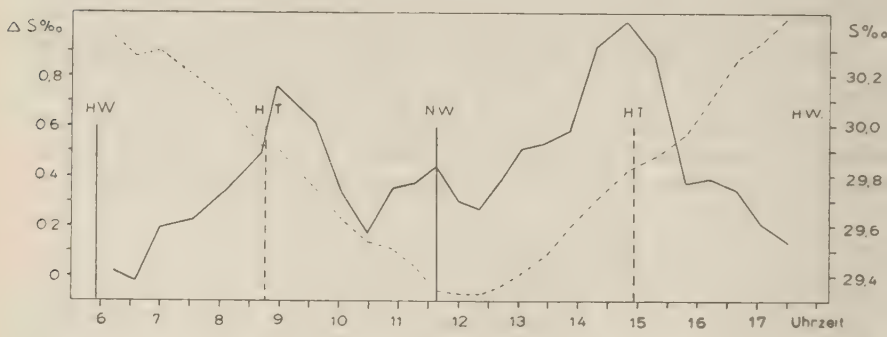


Abb. 11 Querschnitte vom 13. 8. 1952. Salzgehaltsgradient über die gesamte Meßstrecke (2,7 km) (———) und mittlerer Salzgehalt (— — —). HW. = Hochwasser, NW. = Niedrigwasser, HT. = halbe Tide. Dreifach übergreifende Mittel.

Ergänzend muß zum Wasseraustausch noch hinzugefügt werden, daß die in der Berechnung gemachte Voraussetzung, er erfolge ausschließlich durch Turbulenz, in Wahrheit nicht zutrifft. Schon frühere Messungen hatten gezeigt, daß die ablenkende Kraft der Erddrehung den Verlauf der Tidenströme stark beeinflußt (Blum, 1931). Bei Flut ist entsprechend auf der Westseite und bei Ebbe auf der Ostseite ein höherer Wasserstand zu beobachten, der fraglos mit einer größeren Stromgeschwindigkeit gekoppelt ist. Wir müssen also — vor allem bei halber Tide — mit einer Abnahme des Salzgehaltes von Osten nach Westen rechnen, während der Gradient bei Stauwasser wesentlich geringer sein dürfte, da dann die Coriolis-Kraft nicht weiter wirken kann. Die entsprechende Auswertung der Querschnitte vom 13. 8. 1952 gibt Abb. 11. Für jeden Schnitt wurde der Salzgehaltsgradient mit Hilfe der Ausgleichsgraden bestimmt. In der Kurve ist hinwiederum das dreifach übergreifende Mittel angegeben, um Zufälligkeiten möglichst auszuschalten. Das ungleiche Verhalten bei Hoch- und Niedrigwasser dürfte darauf beruhen, daß der Schnitt unsymmetrisch (westlich) vom Hauptstrom liegt (Abb. 1), in dem das Wasser noch einige Zeit läuft, wäh-

rend es am Rande schon zur Ruhe gekommen ist (Postma, 1954). Das bedingt dann zur Niedrigwasserzeit eine Erhöhung und zur Hochwasserzeit eine Verminderung des Gradienten.

Diese unterschiedlichen Stromgeschwindigkeiten dürften sicherlich auch etwas zum Wasseraustausch beitragen, ohne aber unsere quantitativen Überlegungen nennenswert beeinflussen zu können.

Die Auswertung der Beobachtungen geschah nur zu einem Teil in Wilhelmshaven, zur Hauptsache aber an der Biologischen Anstalt Helgoland in List auf Sylt. Für die Mitteilung von weiteren Daten bin ich zahlreichen öffentlichen Stellen zu Dank verpflichtet. Das Wasserwirtschaftsamt in Varel (Oldenburg) hat in mühsamer Rechenarbeit die notwendigen Zahlen über den Süßwasserzufluß des Jadegebietes beschafft, ohne die viele Überlegungen gar nicht möglich gewesen wären. Das Wasser- und Schiffahrtsamt Wilhelmshaven hat durch Überlassung vieler Unterlagen (Gezeitenwerte usw.) die Arbeit sehr unterstützt. Weiteres Material wurde vom Deutschen Hydrographischen Institut, vom Deutschen Wetterdienst und von den Wasser- und Schiffahrtsämtern in Bremerhaven und Emden zur Verfügung gestellt.

Bei der praktischen Durchführung der Messungen wurde ich vor allem durch Herrn H. H. Trekel und durch Herrn R. Brandes, den Kapitän des Forschungskutters „Seehund", unterstützt. Besonderen Dank aber schulde ich Herrn Dr. G. Dietrich vom Deutschen Hydrographischen Institut, dessen Ratschläge mir bei der Auswertung sehr von Nutzen gewesen sind.

Zusammenfassung

1. Vom Frühjahr 1951 bis zum Herbst 1953 wurden im Jadebusen und in der Innenjade hydrographische Untersuchungen durchgeführt.

2. Der Salzgehalt im Jadebusen hängt vorzugsweise von den geringen Süßwasserzuflüssen ab, während der Salzgehalt im Mischungsgebiet (im Wattenmeer) in erster Näherung als praktisch konstant angesehen werden kann.

3. Der horizontale Austausch in der Innenjade beträgt im Durchschnitt etwa $5 \cdot 10^5$ $cm^{-1} \cdot g \cdot s^{-1}$.

4. Das in den Jadebusen gelangende Süßwasser verläßt diesen im Mittel wieder nach etwa vier Monaten, um etwa zwei Monate später die äußere Grenze der Innenjade zu erreichen.

5. Das Eindringen des Planktons in die Innenjade läßt sich allein durch die Turbulenz erklären.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Max Gillbricht, Biologische Anstalt Helgoland, List auf Sylt.

Literaturverzeichnis

BLUM, M (1931): Die Gezeitenerscheinungen der Jade. Veröffentl. Inst. Meeresk. N. F. A Heft 22.

GOEDECKE, E. (1938): Weitere Ergebnisse der deutschen und dänischen Feuerschiffsbeobachtungen in der Deutschen Bucht während der Jahre 1920 bis 1932. Ann. Hydrographie u. Marit. Meteorologie.

LINKE, O. (1939): Die Biota des Jadebusenwattes. Helgol. Wiss. Meeresunters. Band **1**, 3.

POSTMA, H. (1954): Hydrography of the Dutch Waddensea. Arch. Néerlandaises de Zoologie. Tome X.

STOMMEL, H. (1953): Computation of Pollution in a Vertically Mixed Estuary. Sewage and Industrial Wastes, Vol. 25, No. 9.

— Strombautaschenbuch 1940. Marinewerft Wilhelmshaven.

SVERDRUP, JOHNSON und FLEMING (1946)· The Oceans. New York.

Caligus arcticus n. sp., ein parasitischer Copepode auf *Trachypterus arcticus* Brünnich

Von Carl-Heinz Brandes

Mit 2 Tafeln

In der Mund- und Kiemenhöhle eines 158 cm langen *Trachypterus arcticus* Brünnich (♀) habe ich 8 weibliche Individuen dieser neuer Art gefunden. Der Fisch wurde am 11. 9. 1954 vom Bremerhavener FD „Wartburg" unter Island auf der Position 63° 15' N und 22° 55' W in einer Wassertiefe von 220—230 m gefangen.

Beschreibung der Art (♀) (Vgl. Taf. I, Abb. 5 u. Taf. II, Abb. 1—11)

Carapax oval, etwa 1/2 der Totallänge; lateraler durchsichtiger Saum ähnlich wie bei *C. schistonyx* Wilson 1905 am hinteren Ende in einen mehr oder minder spitzen Winkel ausgezogen. Frontalplatten breit, median eingekerbt, mit großen Lunulae.

Freies Thoracalsegment, schmal, annähernd halb so breit wie lang und etwa 1/3 der größten Breite des Carapaxes.

Genitalsegment eichelförmig, etwas länger als breit, größte Breite etwa 2/3 der Carapaxbreite.

Abdomen eingliedrig, etwa 3/5 der Länge und 2/5 der Breite des Genitalsegments. Anallaminae relativ groß, 1/5 der Länge des Abdomens; terminal 3 kurze und 3 lange gefiederte Borsten, deren längste fast 4/5 der Länge des Abdomens erreicht.

Antenne I: Ähnlich wie bei *C. macarovi* Gussev 1951. Am vorderen Rande des Basalglieds 12 gefiederte kräftige Borsten und zurücktretend vom vorderen Rand des Basalglieds 9 schwächere gleichfalls gefiederte Borsten. Terminalglied am distalen Ende 12 ± lange dünne Borsten und am Hinterrand eine kleine dünne Borste.

Antenne II: Kräftiges Basalglied. Terminalklaue (Endopodit) stark, mit einer dünnen Borste am vorderen Rand. Der Exopodit läuft unterhalb des Basalgliedes in einen kräftigen geraden Dorn aus.

Hamulus[1]): Hakenmäßig gebogen, auf dem verbreiterten Basalteilchen 2 kleine Papillen, von denen jede mit 2 winzigen Härchen versehen ist (Taf. II, 2).

Maxille I: Normal, auf der Papille stehen 3 Borsten, von denen die mittlere am längsten und kräftigsten ist (Taf. II, 3).

[1]) Die Bezeichnung der Körperabschnitte und deren Anhänge entspricht derjenigen von Leigh-Sharpe (1934).

Maxille II: Mit kräftigem Basalglied; Terminalglied schlank, etwa $^1/_5$ länger als das Basalglied. Am inneren Saum, nahe dem distalen Ende, eine mit kurzen Borsten umsäumte zungenförmige Platte. Terminalklauen nur mäßig gebogen, äußere Klaue etwa $^2/_3$ der Länge der inneren, beide mit kurzen Borsten umsäumt (Taf. II, 5).

Maxilleped: Mit kräftigem Basalglied und starker terminaler Klaue. Auf der Innenseite der Klaue erhebt sich auf einer kleinen Papille eine schwache Borste (Taf. II, 6).

Sternalgabel: Trapezförmig, Basis kürzer als die kräftigen, nur schwach ± divergierenden Zinken, die apical geringfügig konvergieren (Taf. II, 1).

1. Beinpaar: Kräftig entwickelt, ähnlich wie bei *C. orientalis* Gussev 1951. Am vorderen Rand des Basalgliedes distal eine lange gefiederte Borste, proximal ein kurzer Dorn; in der Mitte des hinteren Randes eine gefiederte Borste und distal eine konische Papille, die in der Mitte eingeschnürt ist und auf ihrer Spitze 2 kurze, kräftige Dornen trägt. Distal am vorderen Rand des mittleren Gliedes 2 kleine Dörnchen. Die 2. und 3. Terminalklaue des Endgliedes sind gespalten (Taf. II, 7).

2. Beinpaar: Groß, von normaler Struktur. Am hinteren Rand des Basalgliedes auf einer winzigen Papille eine lange, dünne Borste (Taf. II, 8).

3. Beinpaar: Groß, von normaler Struktur. Am äußeren Rand des Basalgliedes vom Exopodit ein dünner Dorn. Die Klaue auf dem Basalglied ist kräftig und nur geringfügig gebogen (Taf. II, 9).

4. Beinpaar: Dreigliedrig. Basalglied kräftig, fast so lang wie die beiden anderen Glieder zusammen, am äußeren distalen Ende eine lange gefiederte Borste. An der Spitze des mittleren Glieds ein großer kräftiger Dorn, am unteren Rand eine kleine Borste. Endglied mit 4 Dornen versehen, davon einer am unteren Rand und drei terminal, von denen der äußere etwa doppelt so lang wie die beiden inneren ist. Alle Dornen mit kurzen Borsten versehen, der größte jedoch nur an seiner Innenkante. An der Basis der drei terminalen Dornen sowie an der Basis vom Dorn des mittleren Gliedes erheben sich zungenartige Vorsprünge, deren Ränder wie bei *C. latifrons* Wilson 1905 mit kurzen dünnen Härchen besetzt sind (Taf. II, 10).

5. und 6. Beinpaar: Am hinteren Ende des Genitalsegments, in dorsaler Aufsicht deutlich zu erkennen. Beide sind auf je eine Papille reduziert, auf der sich beim 5. Bein eine und beim 6. Bein zwei gefiederte, leicht nach innen gekrümmte Borsten erheben (Taf. II, 11).

Farbe: Gelb bis orange, mit einigen braunen Pigmentflecken, Augen leuchtend weinrot (im nichtkonservierten Zustand!).

Systematische Stellung und Beziehung zu nahe verwandten Arten

Der beschriebene Copepode gehört der Gattung *Caligus* O. F. Müller 1758 an, von der bis heute — soweit mir bekannt geworden — 134 Arten

beschrieben worden sind. Von diesen stehen *C. chelifer* Wilson 1905, *C. latifrons* Wilson 1905, *C. schistonyx* Wilson 1905, *C. macarovi* Gussev 1951 und *C. orientalis* Gussev 1951 der oben beschriebenen Art am nächsten, da auch bei ihnen gespaltene Klauen am distalen Ende des ersten Pereiopodenpaares vorhanden sind[1]). Abgesehen von diesem spezifischen Merkmal sind doch Unterschiede sowohl in bezug auf Körperproportionen (Tab. I) als auch in bezug auf charakteristische Merkmale (Tab. II) vorhanden, die so wesentlich sind, daß die Aufstellung der neuen Art gerechtfertigt ist.

Tabelle I

Abmessungen und Körperproportionen[2]) von *Caligus arcticus* n. sp. (♀) im Vergleich mit nahe verwandten *Caligus*-Arten (♀♀)

	C. chelifer	*C. macarovi*	*C. orientalis*	*C. latifrons*	*C schistonyx*	*C. arcticus* n. sp.			
						Type	Mittelwert	Max.	Min.
Tl. : mm	5,0—6,5	5,08—6,40	3,63—4,35	4,9	4,0	6,05	5,93	6,60	5,51
Cl. : mm	2,5—3,0	2,31—2,77	2,25—2,64	2,46	2,1	3,08	2,93	3,11	2,64
Cb. : mm	2,1—2,3	1,78—2,31	2,09—2,37	2,20	2,1	2,33	2,39	2,65	2,15
Gl. : mm	1,0—1,6	1,32—1,78	0,85—1,19	1,25	1,0	1,73	1,70	1,94	1,53
Al. : mm	1,4—1,45	1,12—1,38	0,33—0,43	1,00	0,8	1,08	1,07	1,17	0,96
Cl. : Tl.	1:2,09	1:2,26	1: 1,63	1:1,99	1:1,90	1:1,96	1:2,03	1:2,12	1:2,08
Al. : Tl.	1:4,03	1:4,48	1:10,05	1:4,90	1:5,00	1:5,61	1:5,55	1:5,88	1:5,26
Al. : Gl.	1:0,91	1:1,24	1: 2,69	1:1,25	1:1,25	1:1,60	1:1,59	1:1,67	1:1,47
Gl. : Cl.	1:2,11	1:1,64	1: 2,40	1:1,97	1:2,10	1:1,78	1:1,73	1:1,60	1:1,73

Erklärung der Abkürzungen für Tabelle I und II

Al. = Länge des Abdomens
Cb. = Breite des Carapaxes
Cl. = Länge des Carapaxes
G. = Genitalsegment
Gl. = Länge des Genitalsegments
Tl. = Totallänge

Der neuen Art habe ich den Namen *Caligus arcticus* n. sp. gegeben, da er auf einer arktischen Fischart, *Trachypterus arcticus* Brünnich, gefunden wurde. In diesem Zusammenhang darf nicht unerwähnt bleiben, daß Krøyer 1863 auf einer nicht näher determinierten *Trachypterus*-Art „aus der See

[1]) Ob dieses spezifische Merkmal, das allen anderen Arten der Gattung *Caligus* fehlt, zur Aufstellung einer Untergattung ausreichend ist, soll in diesem Zusammenhang noch nicht erörtert werden, sondern einer zusammenfassenden Darstellung der Gattung *Caligus* vorbehalten bleiben.

[2]) Die errechneten Proportionen der zum Vergleich herangezogenen Arten sind nicht absolut gesichert, da in der Literatur keine Meßreihen zur Berechnung der wahren Mittelwerte angegeben sind. Die auffällige Diskrepanz zwischen den für *C. arcticus* n. sp. berechneten Proportionen der Maximal- und Minimalwerte einerseits und denen des Typus und der Mittelwerte andererseits bedarf einer Erklärung. Die Größe des Genitalsegments ist nicht proportional der des Carapaxes (vgl. Tab. 1). Sie wird bestimmt durch das jeweilige Entwicklungs- oder Altersstadium des Copepoden (Heegaard 1949).

Tabelle II

Ein Vergleich der wichtigsten Merkmale von *Caligus arcticus* n. sp. (♀) mit denen der nahe verwandten *Caligus*-Arten (♀♀)

	C. chelifer	*C. macarovi*	*C. orientalis*
Carapax	oval, etwa 1/2 der Tl.; lateraler Saum caudal abgerundet	oval, etwa 1/2 der Tl.; lateraler Saum caudal abgerundet	rundlich, deutlich länger als 1/2 der Tl.; lateraler Saum caudal abgerundet
Genitalsegment	eichelförmig, Breite etwa 1/2 der Cb.	oval, distal enger werdend, Breite ca. 4/5 der Cb.	umgekehrt trapezförmig, Breite etwa 3/5 der Cb.
Abdomen	zweigliedrig, meist länger als G.	zweigliedrig, etwas kürzer als G.	eingliedrig, etwa 1/3 der Gl.
Maxilliped	Terminalklaue kräftig, median mit kurzem akzessorischen Dorn; distal am Basalglied scherenförmiger mit kurzen steifen Dornen besetzter Auswuchs	Terminalklaue kräftig, an ihrer Basis 1 Dorn	Terminalklaue kräftig, an ihrer Basis ein schwach gebogener Dorn
1. bis 4. Terminalklaue des 1. Pereiopodenpaares	2. und 3. biramos, Zweige fast im rechten Winkel zur Klauenachse inseriert; 4. hakenförmig gebogen, nicht gefiedert	2. u. 3. biramos; 4. schwach gebogen, nicht gefiedert	2. u. 3. biramos; 4. schwach gebogen, nicht gefiedert
4. Pereiopodenpaar	lang, dünn; Basalglied ohne Dorn, so lang wie die beiden Endglieder zusammen	kräftig; Basalglied mit kurzem ungefiederten Dorn, so lang wie die beiden Endglieder zusammen	schlank; Basalglied mit kurzem ungefiederten Dorn, kürzer als die beiden Endglieder zusammen; Terminalglied mit einer fünf- bis sechszackigen Eckplatte
5. u. 6. Pereiopodenpaar (P V u. P VI)	nur P V; dorsal nicht sichtbar	P V u. P VI fehlen	P V und P VI dorsal sichtbar
Sternalgabel	Zum Vergleich der Sternalgabeln siehe Abb. auf Taf. I.		

C. latifrons	*C. schistonyx*	*C. arcticus* n. sp.
rundlich-oval, etwa 1/2 der Tl.; lateraler Saum caudal abgerundet	rundlich-oval, deutlich länger als ½ der Tl.; lateraler Saum caudal fast rechtwinklig	oval, etwa 1/2 der Tl.; lateraler Saum caudal spitzwinklig ausgezogen
nahezu rechteckig; Breite etwa 1/2 der Cb.	elliptisch, Breite etwa ½ der Cb.	eichelförmig, Breite etwa 2/3 der Cb.
eingliedrig, etwa ½ der Gl.	eingliedrig, etwa 4/5 der Gl.	eingliedrig, etwa 3/5 der Gl.
Terminalklaue kräftig, median mit kurzem akzessorischen Dorn	Terminalklaue schwach, an ihrer Basis ein kleiner Dorn	Terminalklaue kräftig, median mit kurzem akzessorischen Dorn
2. u. 3. biramos; 4. gerader gefiederter Dorn	1., 2. und 3. biramos; 4. hakenförmig gebogen, nicht gefiedert	2. u. 3. biramos; 4. hakenförmig gebogen, nicht gefiedert
lang, kräftig; Basalglied mit kurzem ungefiederten Dorn, so lang wie die beiden Endglieder zusammen; an der Basis der Dornen der Endglieder blattartige, behaarte Zungen	schwach; Basalglied ohne Dorn, etwas länger als die beiden Endglieder zusammen	kräftig; Basalglied mit langer gefiederter Borste, fast so lang wie die beiden Endglieder zusammen; an der Basis der Dornen der Endglieder blattartige, behaarte Zungen
nur P V; dorsal nicht sichtbar	nur P V; dorsal nicht sichtbar	P V und P VI dorsal sichtbar

bei Sizilien" ein paar weibliche Caligiden gefunden hatte, die er nach dem Gattungsnamen des Wirtstieres *Caligus trachypteri* Kr. nannte. Dieser Caligide ist jedoch nur halb so groß wie der von mir beschriebene. Von den Unterscheidungsmerkmalen seien nur zwei hervorgehoben. Ihm fehlen die gespaltenen Klauen auf dem Terminalglied des ersten Beinpaares sowie die rudimentären Gliedmaßen auf dem Genitalsegment. Eine Verwechslung dieser Art mit *Caligus arcticus* n. sp. ist ausgeschlossen. Die Type ist neben einigen Paratypen im Institut für Meeresforschung Bremerhaven unter der Nr. 2/1956 aufbewahrt.

Anschrift des Verfassers:
Dr. C.-H. Brandes, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

Barnard, K. H., 1948: New Records and Descriptions of New Spezies of Parasitic Copepoda from South Africa. — Ann. Mag. Nat. Hist. Vol. I, 12. Serie.

Basset-Smith, P. W., 1899: A systematic description of parasitic copepoda found on fishes, with an enumeration of known spezies. — Proc. Zool. Soc. London.

Bere, R., 1936: Parasitic Copepods from Gulf of Mexico Fish. — Amer. Midl. Nat. Vol. 17, No. 3.

Capart, A., 1941: Copepoda Parasitica. — Mém. Mus. Roy. d'Hist. Nat. Belg. Brüssel, 2. Serie.

Gnanamuthu, C. P., 1947: *Caligus sciaena*, n. sp., Parasitic on *Sciaena glauca* from Madras. — Proc. Ind. Acad. Sc. Sect. B, Vol. 25.

— 1948: Notes on the Anatomy and Physiology of *Caligus savala*, n. sp., A Parasitic Copepod from Madras Plankton. — Proc. Zool. Soc. London. Vol. 118, Part 1—4.

— 1950: Three new Copepods Parasites of the Ribbon Fish from South India. — Journ. Parasitology. Vol. 36, No. 2.

Gurney, R., 1934: The development of certain parasitic Copepoda of the Families *Caligidae* and *Clavellidae*. — Proc. Zool. Soc. London.

Gussev, A. V., 1951: Parasitic Copepods of some marine fishes. — Mag. Paras. Moscow 13.

Heegaard, P. E., 1943: Parasitic Copepods mainly from Tropical and Antarctic Seas. — Arkiv för Zoologi 34. Stockholm.

— 1949: Notes on Parasitic Copepods. — Videnskabelige Meddelelser, Bd. 111—112. F. XI, Ic, 551.

Heller, C., 1865: Crustaceen. Reise der österr. Fregatte Novara, Zool. Teil, Vol. 2, III. Abtlg.

Kirtisinghe, P., 1937: Parasitic Copepods of fish from Ceylon II. — Parasitology, Vol. 29, No. 4.

Krøyer, H., 1863: Bidrag til Kundskab om Snyltekrebsene. — Natur. Tids. Trediae Raekke, Andet Bind 75.

LEIGH-SHARPE, W. H., 1933: A list of British Fishes with their characteristic Parasitic Copepoda. — Parasitology, 25.

— 1933: A second list of Parasitic Copepoda of Plymouth with a description of three new species. — Parasitology Vol. 25.

— 1934: The Copepoda of the Siboga Expedition. Part II. Commensal and Parasitic Copepoda. Bd. XXIX b.

— 1936: Some rare and new Parasitic Copepoda. ETC., from Brighton and elsewhere. — Parasitology 28.

PEARSE, A. S., 1951: Parasitic Crustacea from Bimini Bahamas. — Proc. U.S. Nat. Mus. Vol. 101, Nr. 3280.

— 1952: Parasitic Crustacea from the Texas Coast. — Inst. Mar. Sci. Port Aransas, Texas, Vol. II, Nr. 2.

PESTA, O., 1934: Krebstiere oder Crustacea I. Ruderfüßer oder Copepoda, 6. Caligoida. — Tierwelt Deutschlands, 29. Teil.

RANGNEKAR, P. G., and MURTI, N. N., 1950: A new Caligid Copepod Parasitic on the fish *Clupea toli*. — Journ. Univ. Bombay N.S. 18.

REDKAR, M. V., RANGNEKAR, P. G., MURTI, N. N., 1950: Four news spezies of Parasitic Copepods from the marine fishes of Bombay. — Journ. Univ. Bombay N.S. 18, Part 5.

SCHÄPERCLAUS, W., 1954: Fischkrankheiten, 3. Aufl.

SCOTT, Th., 1913: The British Parasitic Copepoda. — Ray Society.

THOMSEN, R., 1949: Copépods Parásitos de los Peces Marinos des Uruguay. — Comun. Zool. Mus. Hist. Nat. Montevideo. Nr. 54, Vol. III.

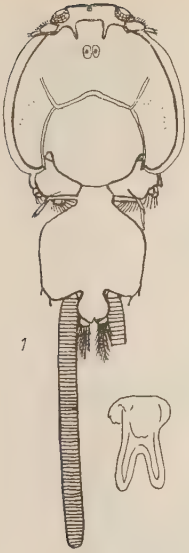
WILSON, Ch. B., 1905: North American Parasitic Copepods belonging to the Family *Caligidae*. I *Caliginae*. — Proc. U.S. Nat. Mus. 28.

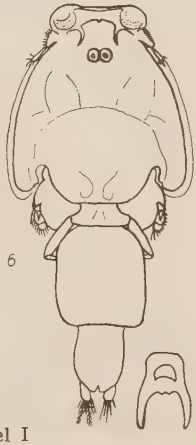
— 1932: A new species of Parasitic Copepods *(Caligus)* from a Siamese Catfish. — Journ. Siam. Soc. Nat. Hist. Suppl. 7. 8.

— 1932: The Copepods of the Woods Hole Region Massachusetts. — Smithonian Inst. U.S. Nat. Mus. Bull. 158.

Tafel I

1. *Caligus orientalis* Gussev 1951; 2. *Caligus schistonyx* Wilson 1905; 3. *Caligus chelifer* Wilson 1905; 4. *Caligus macarovi* Gussev 1951; 5. *Caligus arcticus* n. sp.; 6. *Caligus latifrons* Wilson 1905. (Von dieser Art wurde nur ein ♀ ohne Eischläuche gefunden, für das weder der Fundort noch das Wirtstier bekannt ist.) Der angegebene Maßstab bezieht sich nur auf die Copepoden. Die Sternalgabeln konnten nicht im gleichen Maßstab abgebildet werden, da bei drei Arten die Größenangaben fehlten. Es kam mir lediglich auf einen Vergleich der Formen untereinander an.

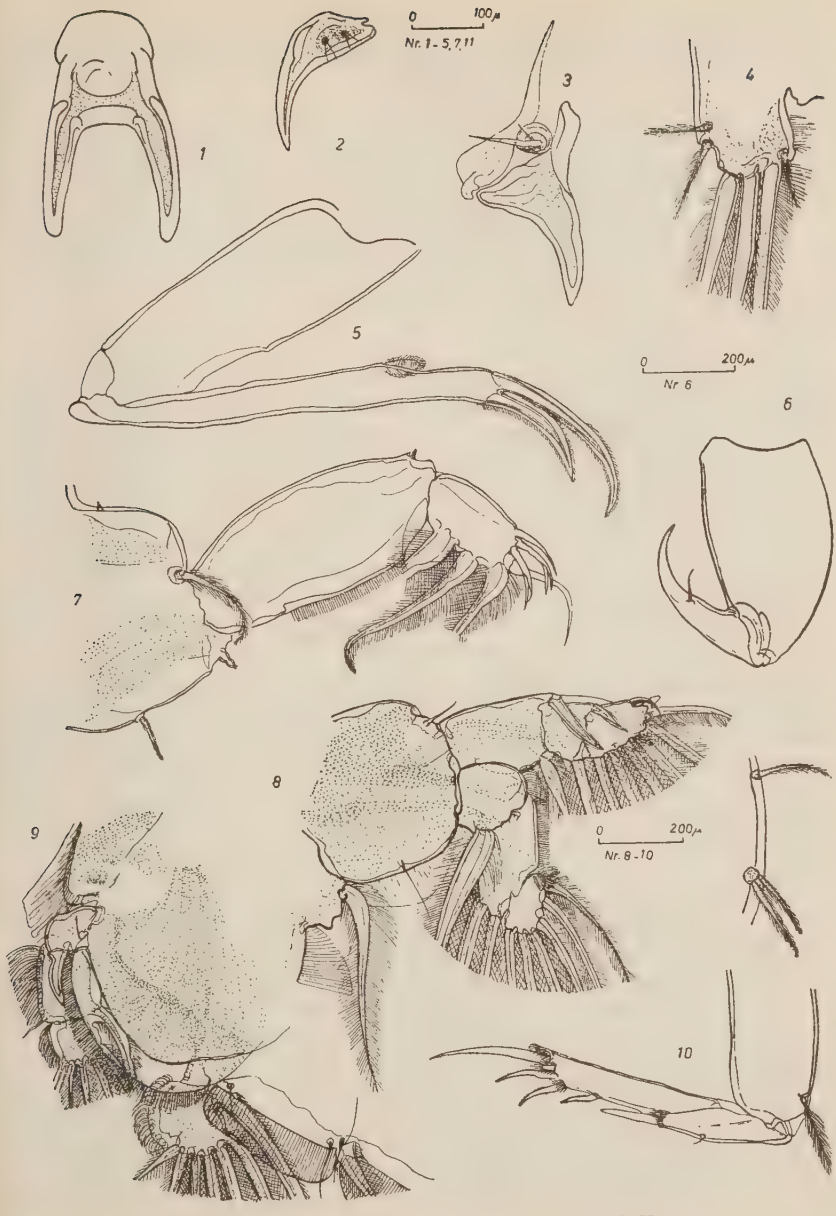




Tafel I

Tafel II

1. Sternalgabel; 2. Hamulus; 3. Erste Maxille; 4. Anallamina; 5. Zweite Maxille; 6. Maxilliped; 7.—10. I. bis IV. Pereiopoden; 11. V. und VI. Pereiopoden.



Tafel II

Probleme des Verderbens von Fischkonserven in Dosen

III. Die Wirkung verschiedener Säuren auf die Aminosäuren-Decarboxylierung durch Organismen der Betabacterium-Buchneri-Gruppe und ihre Bedeutung für die Marinadenherstellung

Von Victor Meyer

Auf Grund der besonderen Milieubedingungen wurden in der vorigen Arbeit (Meyer 1956) zum Studium der Decarboxylasetätigkeit von Betabacterien aus Marinaden Nährlösungen verwendet, deren saure Reaktion durch Essigsäure bestimmt war. Die pH-Grenzen für die Glutaminsäure-Decarboxylierung lagen in solchen Nährlösungen zwischen pH 4,0 und 6,0. Im Gegensatz dazu hatte Gale (1940) im Warburg-Apparat mit gewaschenen Bakterienkulturen in Phthalat-Pufferlösungen Werte zwischen 2,5 und 5,3 erhalten. Als wir dann den pH-Wert entsprechend der üblichen Nährbodentechnik mit HCl einstellten, fanden wir, daß die untere Grenze bei pH 3,0 noch nicht erreicht war. Umgekehrt kam es bei der Verwendung von Propionsäure bei pH 4,2 schon nicht mehr zur Gasbildung.

Auf der anderen Seite zeigen sich in der Fischindustrie von Zeit zu Zeit Bestrebungen, die Essigsäure durch andere Genußsäuren zu ersetzen. So wurde in neuester Zeit eine Mariniersäure propagiert, die neben Essigsäure Milch-, Citracon- und Citronensäure enthält. Zwar ist die Frage des Ersatzes der Essigsäure des öfteren untersucht worden, doch waren diese Untersuchungen rein empirischer Natur, so daß es kein Wunder war, wenn Meinung gegen Meinung stand. So ist bislang noch keine klare Antwort gefunden worden, ob andere Säuren, abgesehen von den geschmacklichen Belangen, sich vor allem konserventechnisch eignen bzw. eignen können. Der Grund hierfür mag in der Schwierigkeit der Schaffung vergleichbarer Ausgangsmaterialien liegen. Der Hering selbst ist ein außerordentlich heterogen zusammengesetztes Nährsubstrat. Es seien nur angeführt der unterschiedliche Fett- und Wassergehalt sowie der Frischezustand, die bei der Vielheit der Mikroorganismen und Eigenfermente eine Variation von den verschiedenartigsten C- und N-Quellen mit sich bringen können. Marinierversuche allein bringen daher keine Lösung des Problems. Hier dürften Versuche mit Reinkulturen von Bombageerregern in einfachen, weitestgehend definierten Nährlösungen vielleicht die fehlende Ergänzung bieten.

Nachdem es uns gelungen war, aus bombierten Marinaden ein *Betabacterium* zu isolieren, das durch seine Fähigkeit zur Decarboxylierung von

Aminosäuren als Urheber solcher Fehlfabrikate in Frage kommt, soll es das Ziel dieser Arbeit sein, unter Verwendung des gleichzeitig entwickelten einfachen Labortestes die Wirkung verschiedener Säuren zunächst in vitro und anschließend im praktischen Versuch zu studieren.

Verwendet wurde wieder die Grundnährlösung (NL 528) sowie Glutamat-Casein-Pepton-Rindfleischwasser in Gärröhrchen mit Zusatz von Hefedekokt und Ascorbinsäure und unter Verschluß mit einer Schicht von Paraffinum liquidum. Hierbei wurde die Essigsäure durch andere Säuren ausgetauscht. Die Beimpfung erfolgte mit drei verschiedenen Stämmen der *Betabacterium-Buchneri*-Gruppe, die aus Marinaden isoliert waren. Die Decarboxylierung wurde durch Gasbildung und pH-Verschiebung sowie gelegentlich auch papierchromatographisch und schließlich durch Titration der Restsäure nachgewiesen.

Zunächst wurde eine Reihe anorganischer und organischer Säuren darauf geprüft, ob mit ihnen beim optimal angesehenen pH-Wert von 4,3 eine Decarboxylierung überhaupt möglich ist. Wie die Tabelle 1 zeigt, konnte

Tabelle 1: Verhalten der Glutaminatdecarboxylierung in Nährlösung mit verschiedenen Säuren

N. L.: Rindfleischwasser + 2,5 % Glutamat m. verschiedenen Säuren auf pH 4,3 eingestellt

		M 290				M 295				M 297			
	Anfangs-pH	End-pH	△ pH	Gasbeginn	Höchstg. ml	End-pH	△ pH	Gasbeginn	Höchstg. ml	End-pH	△ pH	Gasbeginn	Höchstg. ml
Salzsäure	4,28	6,28	+ 2,0	2.Tg.	6,4	6,19	+ 1,9	2.Tg.	5,5	6,21	+ 1,9	2.Tg.	7,5
Schwefelsäure	4,25	6,20	+ 1,95	2. „	5,6	6,27	+ 2,0	2. „	5,6	6,07	+ 1,8	2. „	7,4
Salpetersäure	4,28	6,19	+ 1,9	2. „	8,0	6,27	+ 2,0	2. „	5,9	6,22	+ 1,9	2. „	6,7
Ameisensäure	4,29	6,28	+ 2,0	3. „	3,8	6,00	+ 1,7	2. „	5,0	6,22	+ 1,9	2. „	6,2
Phosphorsäure	4,25	5,81	+ 1,6	2. „	6,5	5,92	+ 1,7	2. „	6,4	5,92	+ 1,7	2. „	6,4
Milchsäure	4,29	5,77	+ 1,5	2. „	7,8	5,75	+ 1,5	2. „	6,3	5,82	+ 1,5	2. „	7,0
Citronensäure	4,32	5,63	+ 1,3	2. „	7,8	5,51	+ 1,2	2. „	7,1	5,59	+ 1,3	2. „	7,7
Citraconsäure	4,28	5,48	+ 1,2	2. „	6,2	5,52	+ 1,2	2. „	7,6	5,57	+ 1,3	2. „	6,1
Essigsäure	4,30	4,92	+ 0,7	2. „	7,8	4,91	+ 0,6	2. „	7,9	4,93	+ 0,6	2. „	7,3
Propionsäure	4,32	4,89	+ 0,6	7. „	6,0	4,88	+ 0,6	7. „	6,5	4,93	+ 0,6	7. „	6,0

bei allen geprüften Säuren die Decarboxylierung nachgewiesen werden, und zwar schon nach 2—3 Tagen mit Ausnahme bei der Propionsäure, wo die Gasbildung erst nach 7 Tagen einsetzte. Interessant sind die Werte der pH-Verschiebung (△-pH) bei den verschiedenen Säuren. Sie sind am höchsten bei den anorganischen Säuren HCl, H_2SO_4, HNO_3 sowie bei der Ameisensäure. Eine Mittelstellung nimmt die Phosphorsäure ein. Es folgen die organischen Säuren in der Reihenfolge Milch-, Citronen- und Citraconsäure

und mit Abstand Essig- und Propionsäure. Diese Reihe verläuft umgekehrt proportional der angewendeten Säurekonzentration dividiert durch das Äquivalentgewicht, also der Menge Millival (mval). Da das Endprodukt der Glutamatdecarboxylierung, die γ-Aminobuttersäure, für die pH-Verschiebung verantwortlich zu machen ist und da deren Menge bei gleicher Glutamat-Ausgangsmenge und normal verlaufender Gärung immer die gleiche ist, ist die Größe der pH-Verschiebung auch abhängig von den angewendeten Millival Säure. Danach tritt die pH-Verschiebung nach dem Grad der Absättigung der zugesetzten Millival Säure in Erscheinung. Da in diesem Versuch sämtliche Reihen auf den gleichen pH-Wert eingestellt wurden, war die geringste Säurekonzentration bei den stärker dissoziierten Säuren entsprechend ihrer geringeren Pufferkapazität erforderlich, und da die Äquivalentgewichte nicht allzu weit auseinander liegen, entspricht die Reihenfolge nach der Größe der pH-Verschiebung in etwa auch der Reihenfolge des Dissoziationsgrades.

Der Verlauf der graduellen Neutralisierung der Säuren durch die entstandene γ-Aminobuttersäure kann durch Titration nachgewiesen werden. In den Versuchsreihen befinden sich in jeder Kultur nach Berücksichtigung der Zusätze 2080 mg = 12,3 mval Mononatriumglutaminat in 100 g. Tritt nun völlige Decarboxylierung ein, so müssen sich in den Kulturen äquivalente Mengen γ-Aminobuttersäure bzw. deren Na-Salz befinden. Wenn weiter diese γ-Aminobuttersäure auf Grund ihrer basischen Eigenschaften die ursprünglich zugesetzte Säuremenge absättigen kann, so müssen jetzt in den Kulturen die Beträge an mval zugesetzter Säure im günstigsten Fall um 12,3 mval reduziert werden. Daß das tatsächlich so ist, konnte in einer großen Zahl von Kulturen bei verschiedenen Säuren gezeigt werden. Damit ist gleichzeitig eine weitere Möglichkeit zum Nachweis einer erfolgten Decarboxylierung gegeben.

Die folgenden Versuche behandeln die Abhängigkeit der Decarboxylierung von der Konzentration der Säuren. Es wurde außer den vorigen Säuren noch Weinsäure verwendet. Die Konzentrationen wurden so gewählt, daß in der Nährlösung pH-Werte im Bereich zwischen 2,2 und 4,5 vorlagen. Die pH-Intervalle betrugen meist jeweils 0,1. Der Einfachheit halber seien nur die Grenzwerte aus diesen 113 Reihen mit je 3 Stämmen und Doppelbestimmung aufgeführt (Tabelle 2).[1])

Das Ergebnis der Versuche zeigte eindeutig, daß für die Hemmung der Decarboxylierung in diesem Bereich nicht der pH-Wert maßgebend ist; denn bei den anorganischen Säuren sowie bei Wein- und Citronensäure ist erst unter pH 3,0 eine Sistierung festzustellen, für Citracon- und Milchsäure liegt sie bei pH 3,1 bzw. 3,3, bei Ameisen- und Essigsäure bei pH 3,7

[1]) Das Verhalten der Citronensäure gibt uns die Erklärung dafür, daß bei Marinierversuchen, die hiermit in der üblichen Konzentration von 4 % Säure, 6 % Kochsalz und einem Verhältnis von Fisch zu Garbad wie 3:2 durchgeführt wurden, die Ware spontan bombierte.

bzw. 3,8 und bei Propionsäure schließlich bei pH 4,0. Salzsäure als sehr starke Säure und Citronensäure mit sehr niedriger Dissoziationskonstante verhalten sich ähnlich, und die hier nahe beieinander stehenden Milch- und Citraconsäure haben auch stark abweichende Konstanten. Es ist nicht zu verstehen, daß, wenn nach GALE für das reine Enzym, die Glutaminsäure-Decarboxylase, die pH-Grenzen zwischen 2,5 und 5,3 liegen und außerdem unsere Organismen zwischen pH 2,3 und 8,85 noch gut wachsen, in lebenden Kulturen einmal dieser und ein anderes Mal ein anderer pH-Wert für die Hemmung verantwortlich zu machen wäre.

Tabelle 2: Hemmung der Glutamatdecarboxylierung durch verschiedene Säuren

Grundnährlösung + 10 % hefevergorene Bierwürze, Ersatz des Malzessigs durch die betr. Säuren

	Beginn der Hemmung			Völlige Hemmung		
	pH	m val in 100	Konzentr. %	pH	m val in 100	Konzentr. %
Salzsäure	2,32	14,2	0,52	2,22	15,6	0,57
Salpetersäure				2,20	14,9	0,94
Schwefelsäure	2,30*	14,5	0,71			
Weinsäure	3,39	15,5	1,03	2,59	39,4	2,87
Citraconsäure	3,17	22,0	1,43	3,10	22,6	1,4
Phosphorsäure				2,32	27,5	0,90
Citronensäure	2,93	26,2	2,51	2,68	35,6	3,45
Milchsäure	3,59	15,2	1,38	3,32	21,6	1,95
Ameisensäure	3,77	11,9	0,55	3,67	14,3	0,66
Essigsäure	3,91	31,8	1,91	3,82	37,7	2,26
Propionsäure	4,21	20,6	1,5	4,01	31,6	2,34

* noch keine Hemmung

Für die Sistierung der Decarboxylase ist aber auch nicht die Menge der Millival der einzelnen Säuren maßgebend, denn der niedrigste Wert liegt für die Ameisensäure bei 14 mval und der höchste für die Essigsäure bei 38 mval. Es bleibt also nur noch die Annahme übrig, daß für das verschiedene Verhalten der Säuren nach DORNER (1943) der Säurerest oder noch besser die Säure selbst verantwortlich zu machen ist, da die hier in Frage kommenden Säuren vielfach in schwach dissoziierter Form vorliegen (RIPPEL-BALDES, 1955, hier noch weitere Literaturstellen).

Die Frage, wie die verschiedenen Säuren auf die Mikroorganismen wirken, ist Gegenstand sehr vieler Erörterungen gewesen. Von vielen Untersuchern wurden Organismen hierfür verwendet, deren untere Wachstumsgrenze zwischen pH 4,5 und 5,0 liegt. Betrachten wir uns die rechten Kurven der Figur 1, auf die später noch einmal zurückzukommen sein wird, so stellen wir fest, daß sich die Titrationskurven aller Säuren im Bereich

von pH 7,0 bis 4,5 nahezu decken (vergl. auch die Kurven bei Wolf und Harris 1917). Es konnte also den Anschein haben, daß, da die Organismen in diesem Falle bei allen Säuren bei dem gleichen pH-Wert und der gleichen Konzentration gehemmt wurden, entweder die Säuren schlechthin

Tabelle 3: Einfluß der Dissoziation auf die Decarboxylierung

N. L.: Grundnährlösung + 10 % hefevergorene Bierwürze. Der Malzessig wurde entweder durch Na-Acetat oder Essigsäure ersetzt

Acetat in wechselnden Mengen mit HCl auf verschiedenen pH-Wert eingestellt

	pH	Acetat mg / 100 g	umgerechn. i. Essigsäure mg / 100 g	ϱ	„undissoziierte Essigs." mg / 100 g	titrierte Essigsäure mg / 100 g	umgerechn. i. undissoziierte Essigs. mg / 100 g
1. Serie	3,92	2540	1860	0,878	1630	1885	1655
	4,02	2620	1920	0,846	1625	1830	1550
	4,24	2920	2070	0,767	1640	1660	1270
	4,42	3250	2380	0,686	1630	1540	1055
	4,52	4500	3300	0,637	2100	1660	1055
2. Serie	3,83	2590	1895	0,897	1700	1880	1685
	3,95	2680	1960	0,866	1700	1880	1630
	4,19	3790	2780	0,787	2190	2100	1630
	4,40	4250	3110	0,695	2160	1860	1290
	4,50	4580	3360	0,646	2170	1860	1200
Essigsäure in wechselnden Mengen, mit NaOH auf verschiedenen pH-Wert eingestellt							
1. Serie	3,96		2080	0,863	1790	2220	1920
	4,00		2140	0,852	1820	2220	1890
	4,20		2490	0,782	1950	2340	1820
	4,40		2830	0,695	1970	2060	1430
	4,50		2900	0,646	1875	1940	1250
2. Serie	3,94		2105	0,869	1830	2250	1950
	3,98		2410	0,858	2065	2340	2000
	4,23		2695	0,771	2075	2340	1800
	4,40		3300	0,695	2290	2340	1620
	4,49		3520	0,651	2290	2160	1410

durch ihre Konzentration (z. B. Taylor 1917) oder durch das, was allen Säuren gemeinsam war, nämlich durch die H-Ionenkonzentration, wirkten. Diese letzte Theorie wurde besonders von Paul und Krönig (1896) und Krönig und Paul (1897) durch exakte Arbeiten zu untermauern versucht. Sie hielten daneben aber auch eine Wirkung der Anionen bzw. der undissoziierten Moleküle für möglich. Winslow und Lochridge (1906) nehmen

für die organischen Säuren an, daß die Toxidität von dem undissoziierten Molekül abhängt. In neuerer Zeit sind genauere Untersuchungen durchgeführt von VERMAST (1921), RAHN und CONN (1944) und SCHELLHORN (1951) mit dem Ergebnis, daß nur der undissoziierte Anteil der organischen Säuren hemmend wirken soll.

Wir haben nach dem Vorbilde der beiden zuletzt zitierten Arbeiten umfangreiche Versuchsserien durchgeführt. Nach der Formel $\varrho = \frac{[H]^{\cdot}}{K+[H]^{\cdot}}$ haben wir den undissoziierten Anteil errechnet und mit einer ausreichenden Breite nach unten und oben bei verschiedenen pH-Werten von 3,9 bis 4,5 einmal 50 und einmal 75 verschiedene Nährlösungen zusammengestellt. Die eine Hälfte der Kulturen war durch Titrieren von Acetat mit Salzsäure, die andere von Essigsäure mit Natronlauge erhalten worden. In der Tabelle 3 haben wir der Übersicht halber nur die Werte einer Serie zusammengestellt, wo die Hemmung begann, aber noch eine Decarboxylierung sichtbar war.

Gegen die Art der Berechnung des undissoziierten Anteils, wie sie durch RAHN und CONN sowie durch SCHELLHORN erfolgt ist, haben wir allerdings Bedenken, nämlich für Essigsäure und Acetat dieselbe Dissoziationskonstante zugrunde zu legen, da Na-Acetat im Gegensatz zu Essigsäure sehr stark gespalten ist. Das Ergebnis unserer Untersuchungen ist nicht in allen Punkten befriedigend, vielleicht weil diese Berechnungsart nicht ganz korrekt ist. Bei der Titration von Acetat mit HCl wird nach der Formel $CH_3COONa + HCl = CH_3COOH + NaCl$ soviel Essigsäure in Freiheit gesetzt wie HCl angewendet wurde. Wir haben daher nach der Sterilisation den Essigsäuregehalt durch Titration bestimmt und in die Tabelle eingetragen. Die so erhaltenen Werte scheinen mindestens ebenso gute Über-

Tabelle 4: Dissoziation und Hemmwirkung bei Na-Salicylat und Na-Benzoat nach Werten von Cruess und Mitarbeitern

Na-Salicylat				Na-Benzoat					
Penicillium				Lactobacillus				B. subtilis	
pH	ϱ	letale Dosis mg/100 g	„undiss. Salicylsäure" mg/100 g	pH	ϱ	letale Dosis mg/100 g	„undiss. Benzoesäure" mg/100 g	letale Dosis mg/100 g	„undiss. Benzoesäure" mg/100 g
2,5	0,75	20	15						
3,5-3,8	0,17	150	26						
				4,0	0,60	61,5	37		
				5,0	0,13	300	39	115	15
				6,0	0,015	1000	15	590	8,85
7,0	0,000094	3000	0,3	7,0	0,0015	2800	4,2	1100	1,65

einstimmung aufzuweisen wie die aus der Spalte „undissoziierte Säure" berechnet nach Rahn und Conn. Es könnte dann angenommen werden, daß nicht die undissoziierte Säure, sondern die Gesamtsäure hemmend wirkt, während die Acetatmenge in der hier vorliegenden Konzentration ähnlich wie NaCl nur eine untergeordnete Rolle spielt. Hierfür sprechen beispielsweise die Ergebnisse der Arbeiten von Cruess und Richert (1929) und

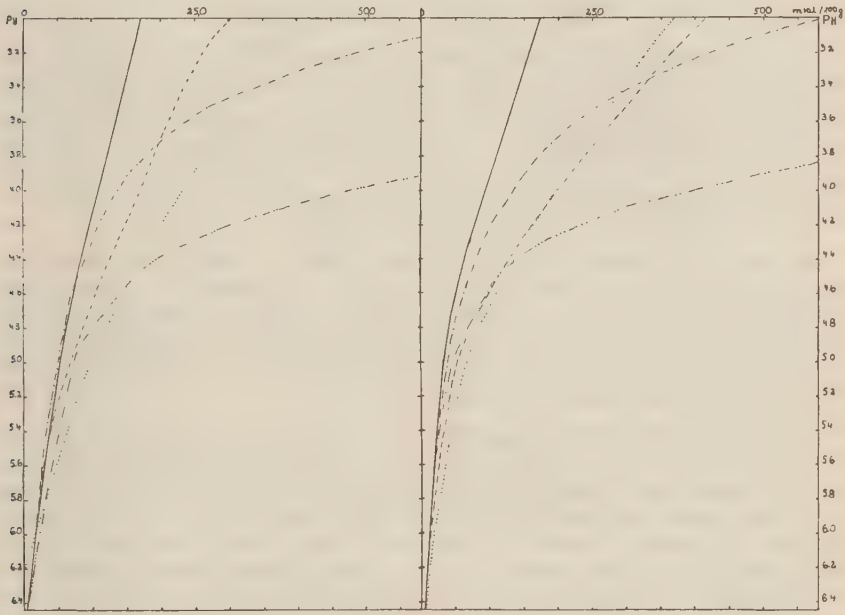


Abb. 1 Titrationskurven verschiedener Säuren, links: Hering + Wasser 3:2, rechts: Grundnährlösung

HCl —— Citraconsäure — — H_3PO_4 - - - - - Milchsäure — · — · Essigsäure — - - - — - - -

Cruess und Irish (1932), die verschiedene Säuren und Konservierungsmittel bei pH-Werten bis zu 7,0 untersucht haben. Wir haben deren Ergebnisse auf den undissoziierten Anteil nach Rahn und Conn berechnet und in einem Schema zusammengefaßt (Tabelle 4). Dabei fällt auf, daß im sauren Bereich der undissoziierte Anteil jeweilig bei den verschiedenen pH-Werten gleich ist, bei pH 7,0 aber auf einen wesentlich geringeren Betrag absinkt.

Nach den Ergebnissen der Tabelle 2 wäre die Hemmung der Decarboxylierung von dem Produkt aus Konzentration der Säuren und der Giftigkeit

für den betreffenden Organismus abhängig. Wir können jetzt eine Einstufung der Säuren vornehmen; es werden zur völligen Hemmung benötigt bei:

Ameisensäure	0,66 %	oder	14	mval %
Citraconsäure	1,4 %	„	23	„
Milchsäure	1,95 %	„	22	„
Essigsäure	2,3 %	„	38	„
Propionsäure	2,3 %	„	32	„

Für die Marinadenherstellung fallen Ameisensäure und Propionsäure von vornherein wegen ihres scharfen und durchdringenden Geschmacks aus. Auch dürfte Ameisensäure in dieser Konzentration aus gesundheitlichen Gründen nicht unbedenklich sein. Diese Säuren haben ebenso wie die anorganischen Säuren in diesem Zusammenhang nur theoretische Bedeutung. Wir haben in dem praktischen Marinierversuch daher nur Citracon-, Milch- und Essigäure, letztere als Kontrollsäure, genommen.

Es würde ein wesentlicher Vorteil sein, wenn die Essigsäure durch eine dieser beiden Säuren ersetzt werden könnte, da einmal die erforderliche Menge geringer zu sein scheint und auf der anderen Seite durch den weniger scharfsauren Geschmack gegenüber Essigsäure eine mildere Ware erreicht werden könnte. Dieses letzte Moment gerade scheint in der heutigen Zeit von besonderer Tragweite zu sein.

Da das natürliche Pufferungssystem in den zu marinierenden Heringen möglicherweise ein ganz anderes sein konnte als in unseren Nährlösungen, die in wesentlichen Mengen neben Glutamat wohl nur Phosphat als Puffer enthalten, haben wir zunächst die durch die Säuren bedingten pH-Verschiebungen im Hering selbst studiert. Zu diesem Zweck wurden frische Heringsfilets in einem Elektromixer zu einer pastösen Masse zerkleinert und, um ein titrierbares Substrat zu erhalten, im Verhältnis 3:2 mit Wasser verdünnt. Das entspricht etwa den praktischen Verhältnissen im Garbad; um die bei der Titration sich notwendigerweise ergebende Verdünnung gering zu halten, wurden die Konzentrationen der Titrationssäuren möglichst hoch gehalten (so wurde z. B. bei der Essigsäure eine solche von 96 % und bei der Salzsäure eine solche von 10 % verwendet). Die Titrationswerte sind in der Figur 1 zusammengefaßt. Sie stimmen relativ gut mit den Ergebnissen aus Titrationen unserer Nährlösung überein, die wir auf der rechten Seite der Figur zur Darstellung gebracht haben. Es bestanden also keine Bedenken, die in vitro ermittelten Hemmwerte auf den praktischen Marinierversuch zu übertragen.

Heringsfilets aus deutschem Trawlhering wurden in üblicher Weise in Garbäder mit diesen drei Säuren und verschiedener Konzentration gelegt. Legt man für das Fischgewebswasser einen durchschnittlichen Gehalt, hier 70 %, zugrunde, so kann man ungefähr aus dem Verhältnis von Fisch

zu Garbad, hier 2:1, vorausbestimmen, wie der Säuregehalt im Garbad nach beendigter Garung sein wird. Der Säurekonzentration des Garbades kommt insofern eine besondere Bedeutung zu, als sie praktisch dieselbe ist wie die des Fischgewebswassers. Nur in dem Gewebswasser als wässriger Phase des Fisches werden die entscheidenden Umsetzungen stattfinden. Eine kleine Ungenauigkeit kann man bei diesen Versuchsserien in Kauf nehmen, da dieser Fehler in allen Fällen praktisch der gleiche ist. Die Filets wurden 8—10 Tage bei Zimmertemperatur gegart und dann untersucht. Nach den Ergebnissen der Tabelle 5 wurden bei der Essigsäure ab 1,9 % und bei der Milch- und Citraconsäure erst ab 2,3 % im Sinnenbefund keine abweichenden Merkmale mehr festgestellt, während nach der Tabelle 2 bei der Milchsäure ab 1,95 % und der Citraconsäure schon ab 1,4 % eine Haltbarkeit zu erhoffen gewesen wäre. Die abweichenden Merkmale waren

Tabelle 5: Marinierversuch mit verschiedenen Säuren

Filets aus deutschen Trawlheringen Oktober 1956
Fisch zu Garbad 2:1

	Endgarbad				Fisch					Bemerkungen		
	Säure in %			pH	Säure in %		pH			rote Stellen		abw. Geruch
	theor.	gemess.	△		Muskulatur	Gewebs-wasser	Bauchlappen	Seitenlinie	Rücken		pH	
Essigsäure	1,57	1,7	+ 0,1	4,50	1,26	1,81	4,79	4,72	4,74	++		
	1,69	1,9	+ 0,2	4,42	1,33	1,90	4,70	4,74	4,77			
	1,93	2,0	+ 0,1	4,37	1,38	1,97	4,71	4,82	4,77			
	2,15	2,25	+ 0,1	4,37	1,60	2,29	4,61	4,68	4,60			
	2,15	2,2	+ 0,05	4,34	1,70	2,43	4,57	4,57	4,57			
Milchsäure	1,95	1,98	± 0,0	4,18	1,49	2,13	4,50	4,67	4,83	++	5,57	
	2,23	1,98	— 0,25	4,21	1,53	2,19	4,49	4,50	4,50	+	4,65	
	2,32	2,28	± 0,0	4,14	1,71	2,34	4,42	4,42	4,42	?		
	2,41	2,22	— 0,2	3,95	1,80	2,58	4,26	4,39	4,38			
	3,10	2,85	— 0,25	3,64	2,21	3,16	4,10	4,10	4,10			
Citraconsäure	1,67	1,63	± 0,0	4,42	1,24	1,77	4,92	5,38	5,01	++	5,23	+
	1,88	1,69	— 0,2	4,32	1,20	1,72	4,58	4,73	4,72	(++)	5,40	+
	2,06	1,89	— 0,2	4,11	1,40	2,00	4,34	4,69	4,62	(+)		(+)
	2,20	1,89	— 0,3	4,11	1,34	1,92	4,40	4,63	4,58			
	2,31	1,96	— 0,35	4,04	1,46	2,08	4,32	4,12	4,23	(+)		

u. a. deutliche Gasbildung, weiche Konsistenz des Fleisches, schlechter Geruch, Geschmack und schlechtes Aussehen. Außerdem zeigten sich die typischen roten Stellen im Heringsfleisch, wie sie bei fehlerhaft hergestellten Marinaden so sehr gefürchtet sind. Analog zu solchen Fehlfabrikaten

wiesen diese roten Stellen pH-Werte bis zu 5,6 auf, wobei sie sich teilweise über die halben Filets erstreckten!

Es erschien zunächst unklar, warum es nicht gelang, den gleichen pH-Wert in diesen Marinaden zu erreichen wie bei der Titration im rohen Fleisch. Der Grund hierfür dürfte darin liegen, daß die Säuren beim langsam verlaufenden Marinierprozeß nicht sofort durch das ganze Fleisch diffundieren; die Mikroorganismen werden sich also bei der niedrigen Säurekonzentration noch entwickeln können, d. h. Amine in solcher Menge bilden, daß die nachdiffundierenden Säuren weitestgehend abgebunden werden und nicht mehr voll zur Wirkung kommen können. Da, wie wir oben gesehen haben, die zur Abbindung der Säuren erforderlichen Mengen an Aminen von der Konzentration und dem Äquivalentgewicht, d. h. den Millival abhängig sind, wird von den verwendeten Säuren die Säure mit der höchsten Millivalkonzentration am unempfindlichsten gegen eine Neutralisation durch die entstehenden Amine sein; in unserem Falle werden Milch- und Citraconsäure schneller bis zur ungefährlichen Konzentration durch die Abbauprodukte heruntergedrückt als die Essigsäure.

Da schließlich die Diffusionsgeschwindigkeit außer von dem Molekulargewicht auch noch von der absoluten Konzentration abhängt in dem Sinne, daß einem größeren Konzentrationsgefälle auch eine schnellere Diffusion entspricht, so wird auch hier bei der Essigsäure mit der hohen Konzentration von 2,3 % das Eindringen der Säure in das Fischfleisch schneller vor sich gehen als bei den anderen Säuren (1,4 und 1,95 %).

Die hier entwickelte Anschauung über die Vorgänge bei der Neutralisation der zugesetzten Säuren läßt sich auch in der Analyse des Marinierversuchs nachweisen, und zwar bei Milch- und Citraconsäure. Während bei der Essigsäure die im Endgarbad gemessenen Säureprozente etwas höher liegen als die errechneten, sind sie bei Milch- und Citraconsäure niedriger. Eigenartigerweise steigt das △-Säure mit steigender Säurekonzentration. Wir glauben das folgendermaßen erklären zu können: In der oberen Reihe jeder Serie, d. h. mit niedriger Säurekonzentration, wurden „rote Stellen" beobachtet. Möglicherweise tritt hier keine Aminosäuren-Decarboxylase, sondern eine Desaminase auf, als deren bleibendes Endprodukt eine Säure entstehen muß und damit kein Verbrauch von Säure resultiert. In den unteren Reihen mit niederem pH herrscht dagegen die Decarboxylase vor, die zur Neutralisation führt.

Wenn auch im Sinnenbefund in den unteren Reihen nichts Auffälliges mehr beobachtet werden konnte, so muß doch damit gerechnet werden, daß nach allen vorliegenden Umständen hier noch eine wenn auch verlangsamte Decarboxylierung stattfand. Diese Zahlenwerte sollen daher auch nicht unmittelbar für die Praxis gelten; sie haben nur in dieser Reihe als Vergleichswerte ihre Bedeutung.

Zusammenfassung

1. Die Prüfung einer Reihe anorganischer und organischer Säuren hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Glutamat-Decarboxylierung ergab, daß die Hemmung bei einem für jede Säure spezifischen pH-Wert erfolgte.

2. Die hierbei entstehende γ-Aminobuttersäure neutralisiert die zugesetzten Säuren, wobei eine pH-Verschiebung nach oben erfolgt, die abhängig ist von der Konzentration der verwendeten Säure dividiert durch ihr Äquivalentgewicht.

3. Es wurden die Grenzwerte für die Hemmung durch die verschiedenen Säuren bestimmt.

4. Es wird wahrscheinlich gemacht, daß für die Hemmwirkung der Essigsäure weder die H-Ionenkonzentration noch der undissoziierte Anteil, sondern das Gesamtmolekül verantwortlich zu machen ist.

5. Entgegen den Ergebnissen der Versuche in vitro erwies sich im praktischen Marinierversuch Essigsäure als die geeignetere Mariniersäure, was auf die höhere Pufferkapazität und die damit z. T. verbundene größere Diffusionsgeschwindigkeit zurückgeführt wird.

Aus diesen Ergebnissen mag für die Praxis der Marinadenherstellung der Hinweis gelten, daß die Essigsäure am vorteilhaftesten von den hier geprüften Säuren ist.

Der Gesellschaft zur Förderung des Instituts für Meeresforschung e. V. sei auch an dieser Stelle für die Unterstützung dieser Arbeit gedankt.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Victor Meyer, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

Cruess, W. V. und J. H. Irish, 1932: Further observations on the relation of pH value to toxicity of preservatives to microorganisms. Journ. of Bact. **23**, 163—166.

Cruess, W. V. und P. H. Richert, 1929: Effect of hydrogen ion concentration on the toxicity of sodium benzoate to microorganisms. Journ. of Bact. **17**, 363—371.

Dorner, W., 1943: Allgemeine und milchwirtschaftliche Microbiologie. Frauenfeld u. Leipzig.

Gale, E. F., 1940: The decarboxylation of amino-acids by strains of Bacterium coli. Bioch. Journ. **34**, 392—413.

Krönig, B. und Th. Paul, 1897: Die chemischen Grundlagen der Lehre von der Giftwirkung und Desinfection. Ztschr. f. Hyg. und Infektionskr. **25**, 1—112.

MEYER, V., 1956: Probleme des Verderbens von Fischkonserven in Dosen. II. Aminosäuredecarboxylase durch Organismen der *Betabacterium-Buchneri*-Gruppe als Ursache bombierter Marinaden. Veröff. Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven, **IV**, 1—16.

PAUL, Th. und B. KRÖNIG, 1896: Über das Verhalten der Bakterien zu chemischen Reagentien. Ztschr. f. physik. Chemie **21**, 414—450.

RAHN, O. und J. E. CONN, 1944: Effect of increase in acidity on antiseptic efficiancy. Ind. and Eng. Chem. Ind. Ed. **36**, 185—187.

RIPPEL-BALDES, A., 1955: Grundriß der Mikrobiologie. Berlin—Göttingen—Heidelberg.

VON SCHELLHORN, M., 1951: Wirksamkeit und Wirkungsbereich chemischer Konservierungsmittel für Lebensmittel. Ztschr. f. Lebensm.-Unters. u. Forsch. **92**, 256—266.

TAYLOR, K., 1917: Specificity in antiseptics. The Lancet 95/1, 294—297.

VERMAST, P. G. F., 1921: Beitrag zur Theorie der Desinfektion im Lichte der Meyer-Overtonschen Lipoidtheorie. Biochem. Z. **125**, 106—148.

WINSLOW, C. E. A. und E. E. LOCHRIDGE, 1906: The toxic effect of certain acids upon typhoid and colon bacilli in relation to the degree of their dissociation. Journ. Inf. Dis. **3**, 547—571.

WOLF, C. G. L. und J. E. G. HARRIS, 1917: The effect of acids on the growth of *Bacillus Welchii (B. perfringens)* and *Bacillus sporogenes* (METSCHNIKOFF). The Biochem. Journ. **11**, 211—245.

Studien zur Brack- und Seewassermykologie VI

Über die pilzliche Besiedlung verschieden salziger submerser Standorte

Von Willy Höhnk*)

Mit 1 Karte und 2 Abbildungen

Marin-mykologische Fragen haben in den letzten Jahren in mehreren Ländern Pflegestätten gefunden. Sie liegen sowohl in Europa als auch in Amerika und Australien.

Es scheint, daß nunmehr ein allgemeines Problem aufgerollt wird, welches mit der Beschreibung der ersten drei Meerespilze durch Cohn, 1865, schon angerührt worden war.

Von den zwischenzeitlich erschienenen mehr als 140 Titel umfassenden Arbeiten, Mitteilungen und Notizen sind dem Sinne nach fast alle für diese Darstellungen zu verwerten; dokumentieren sie doch Funde von Pilzen an zahlreichen marinen Plätzen der Erde.

Wir beschränken uns hier aber vorwiegend auf die Saprophyten, und zwar meist auf jene, die sich mit unserer Methode ködern ließen. Für die so eingeengte Fragestellung ergeben die vorliegenden synoptischen Arbeiten, wie die von Petersen (1905), Sparrow (1934, 1936), Feldmann (1941, 1955), Aleem (1950, 1953), Cribb and Herbert (1954) u. a., die vorzüglich Algenbewohner behandelten, und die von Barghoorn and Linder (1944), Wilson (1951, 1954), Meyers (1953, 1954) und Cribb and Cribb (1955), die nur Holzpilze am natürlichen Substrat betrachteten, nur sehr mittelbare Vergleichswerte. — Es liegen nur einige gleichgerichtete Arbeiten vor, und zwar die folgenden.

In meiner Studie I (1952) legte ich das aus eigenen Aufsammlungen gewonnene Material zum Vorkommen und zur Verbreitung der Pilze im Brack- und Seewasser dar. Es handelte sich dabei um die *Oomycetes* unter den niederen Pilzen und um die höheren Pilze insgesamt.

Harder und Uebelmesser schlossen in ihre Betrachtung auch die anderen *Phycomycetes,* die sie vorzüglich mit Pollen aus den Proben von Meeresküsten verschiedener Länder geködert hatten, ein.

Etwas später 1955 teilte ich die auch mit Pollen und einigen anderen Substraten geköderten Befunde von Proben, die vom Grunde des Meeres aus etwa 40 bis 600 m Tiefe gezogen worden waren, mit. Sie brachten überwiegend Thalli der *Thraustochytriaceae.* Wenn diese zu den *Biflagellatae* gestellt werden können, wie Sparrow es in seinem Buch (1943) machte, dann ist unser Ergebnis eine Parallele zu seinem (1936). Er bemerkte, daß im marinen Bereich die biflagellaten, im limnischen die uniflagellaten For-

*) Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für eine Sachbeihilfe.

men dominieren. Bei ihm sind es die mehr oder minder parasitisch in oder an Algen lebenden Formen und bei uns allermeist die Saprophyten des Bodens.

Die Ergebnisse dieser vier Arbeiten bestätigen bzw. ergänzen einander, und jede fügte eine weitere Gruppe der submersen *Phycomycetes* in die allgemeine Betrachtung ein. Neben unsere *Oomycetes* stellten HARDER und UEBELMESSER vorzüglich die *Uniflagellatae* und SPARROW die *Biflagellatae*.

Diese Arbeit bringt eine Fortsetzung der erwähnten Studien. Zugrunde liegt das aus den Aufsammlungen seit 1952 gewonnene Material, aus welchem wir durch angeglichene Behandlungs- und Ködermethoden vergleichbare Werte bekommen zu haben hoffen.

Es wurden Vertreter aller genannten systematischen Gruppen einbezogen, und die Probenentnahmen berücksichtigen die Salzgehaltsstufen vom Oligohalinen bis ins Meerwasser. Der günstige Umstand, der früher nicht bestand, daß nun mit dem Forschungsschiff alle Teile der Nordsee erreicht und darüber hinaus aus den Ozeanen Proben eingebracht werden können, hat die Untersuchung besonders reizvoll gestaltet.

Zu der ersten Kernfrage, ist das Meer von Pilzen bewohnt, trat im Verlauf der Arbeit die Frage nach der Zusammensetzung der Besiedlungen in verschieden salzigen Stufen.

Da die erste Frage mittlerweile bejaht werden muß, verlagerte sich der Akzent auf die zweite. Der Versuch, von allen Milieuabstufungen gleiche Substrate für die Auswertung zu benutzen, führte zur Bevorzugung der Bodenproben. Damit wurde eine dritte Frage vorbereitet, nämlich die: Hat auch der Meeresboden eine Pilzflora, und bis zu welchen Tiefen lassen sich die Pilze nachweisen? Auch diesem Gedanken wurde nachgegangen.

Zur Methodik

Vom blanken Watt oder nahe der Wasserlinie schürften wir die Bodenproben gleich mit den sterilen Gläsern, vom Meeresgrund aus größeren Tiefen holten wir sie mit dem Bodengreifer oder dem Stoßrohr an Bord des Schiffes, des FFS „Anton Dohrn".

Das Stoßrohr förderte in den Messingrohren Erdkerne von etwa 5 cm Dicke und verschiedener Länge zutage. Die längsten Kerne (bis etwa 80 cm) erhielten wir aus schlickigem Boden bei mehr oder weniger senkrechtem Aufsetzen des Instrumentes. Bei Strömung oder Drift, wenn das Rohr mehr oder weniger flach auftraf, brachte es nur geringe Mengen des Grundes, einige Löffel voll, herauf. Aus den langen Kernen schnitten wir Teile bis zu 40 cm Tiefe.

Holzstücke, Teile von Algen oder toten Tieren wurden meistens wie die Bodenproben behandelt. Gelegentlich machten wir auch Abstriche oder Impfungen von ihnen auf verschiedene Agarböden.

Lebendes Plankton aus dem Becher des Netzes kam gleich oder so bald wie möglich zur Durchsicht, die pilzliche Ausbeute davon blieb auf einzelne Befunde beschränkt.

Die Behandlung der Proben und der Köder geschah in der wiederholt mitgeteilten Weise. Bei der Sterilisierung der neu hinzugenommenen Mikroköder, besonders Pollen von verschiedenen Pinusarten, folgten wir der Empfehlung von Gaertner (1954).

Nach fünftägiger Infektionszeit kamen die Mikroköder zur Beobachtung. Man soll die erste Durchsicht nicht später vornehmen; denn auch wir machten die Erfahrung, daß die anfängliche Sporulationsfreudigkeit bald einer wachsenden -müdigkeit Platz macht, und dann können erhebliche Zeitverluste entstehen.

Zwei Tage später begann die erste Protokollierung der Befunde an den Makroködern. Viele der höheren Pilze treten wesentlich später in die Erscheinung als die niederen. Man wartet nicht selten mehrere Wochen, um die Myzelien der verschiedenen *Fungi imp.* trennen zu können und Pycnidien oder Perithecien vorzufinden. Von manchen Serien bewahrten wir die Schalen mehrere Monate auf, während der sie wiederholt kontrolliert wurden.

In den Befundlisten sind viele Diagnosen nicht oder nicht bis zur Art durchgeführt worden; es war bei der Vielzahl der Formen, den aufgetretenen Schwierigkeiten und der hier noch lückenhaften Bestimmungsliteratur nicht möglich. Ein Teil, besonders der höheren Pilze, wird noch bearbeitet. Bei einer Reihe von niederen Pilzen hat die Bestimmung zu Ähnlichkeiten geführt. Solche Formen haben wir beispielsweise so benannt: *Phlyctochytrium* spec. aff. *hallii*. Das heißt, daß die Form nach den morphologischen Kriterien wohl so genannt werden könnte, aber die Wirt- und Standortverhältnisse sind neuartig. Couch fand und beschrieb die Bezugsart als Parasit an der Süßwasseralge *Spirogyra*. Unsere ähnliche Form gewannen wir aber aus dem hochsalzigen Brackwasser als Saprophyten an Pollen. — In vielen Fällen führten die vorliegenden Merkmale nur bis zu den Gattungen. Eine verhältnismäßig große Zahl konnte nur noch höheren systematischen Einheiten zugezählt werden. Diese Fälle sind in der Befundliste mit dem Wort indet. bezeichnet worden.

Diese Gegebenheiten berücksichtigt die Errechnung der Befunde. Jede Art einer Rohkultur, ob diagnostiziert oder nicht, bildet eine Zähleinheit. Erfahrungsgemäß ist es weitgehend möglich, die Arten, auch die unbestimmten, die in derselben Schale nebeneinander liegen, zu unterscheiden. Selbst wenn die wirkliche Zahl auf diese Weise nur angenähert erfaßt worden ist, so gilt doch der gleiche Wahrscheinlichkeitsgrad für alle Schalen, und dann wäre im Schnitt wieder eine verläßliche Relation gegeben.

Durch diese Zählweise wird sowohl die Qualität als auch die Quantität, sowohl die Artenzahl als auch die Verbreitung berücksichtigt, und sie ermöglicht die graphische Veranschaulichung der Pilzbesiedlung eines Standortes nach systematischen Gesichtspunkten.

Unsere Absicht war, die Übergänge in der Pilzbesiedlung von der oligohalinen Zone bis ins Meer sinnfällig zu illustrieren, darum faßten wir die vielen Entnahmestellen zu drei Brackwasserstufen (I: $<$ 7 ‰,

II: 7—15 ‰, III: 15—28 ‰) und das Meer (> 28 ‰) zusammen, und an systematischen Gruppen unterschieden wir: *Saprolegniaceae, Pythiaceae, Biflagellatae* ceterae, *Uniflagellatae* und *Ascomycetes et Fungi imp.* Diese fünf Gruppen haben zwar ungleichen systematischen Rang, die Gliederung ist für unsere Zwecke aber empfehlenswert.

Die Sonderstellung der beiden Familen: *Saprolegniaceae* und *Pythiaceae* empfiehlt sich auf Grund der empirisch gefundenen Indikatorwerte. Die Saprolegniaceen überschreiten selten die 7‰-Grenze, und ein Teil der *Pythiaceae* entfaltet den vollständigen Entwicklungszyklus nur unterhalb der 15‰-Grenze. Die Trennung der restlichen Phycomycetes in *Biflagellatae* ceterae und *Uniflagellatae* wird sich in den Spektren dieser Arbeit rechtfertigen. Für die Aufteilung der submers lebenden höheren Pilze hat sich noch kein ökologischer Gesichtspunkt ergeben.

Weil die *Saprolegniaceae* und *Pythiaceae* für sich aufgeführt werden, fassen wir hier alle übrigen Gattungen mit zweigeißeligen Zoosporen als *Biflagellatae ceterae* zusammen. Obwohl in einzelnen Fällen (z. B. *Ectrogella perforans)* die Angaben der Autoren über die Zahl der Zilien unterschiedlich sind und wir die Geißelzahl bei *Thraustochytrium* nicht festgestellt haben, lehnen wir uns an die Gliederung Sparrows (1943) an. Uns ist auch bewußt, daß die systematische Bearbeitung der *Thraustochytrium*- und *Ectrogella*befunde noch läuft. Wir glauben aber, daß bei der späteren Überprüfung die mögliche Anteilverschiebung so gering bleibt, daß sie für diese Betrachtung unwesentlich ist.

In den Befundlisten und Spektren haben wir die *Uniflagellatae* zwischen die *Pythiaceae* und die *Biflagellatae cet.* eingeschoben. Auf diese Weise stehen die beiden Pilzgruppen, deren Anteile meerwärts wachsen, die *Biflagellatae cet.* und die *Ascomycetes et Fungi imp.*, in den Spektren unmittelbar übereinander. Das macht sie übersichtlicher und kommt damit unserer Absicht, die kontinuierliche Änderung aufzuzeigen, entgegen. Darum wurde die systematisch gegebene Reihenfolge unterbrochen.

Die Befunde

Die beobachteten kultivierten oder isolierten Formen von insgesamt 510 Proben werden hier aufgeführt. Sie sind in den Jahren 1952 bis 1955 auf Begehungen oder Befahrungen gezogen worden und schließen darum nicht die 406 Proben ein, von denen in der Studie I berichtet worden ist.

Die Zahl der Fehlproben ist dieses Mal 35 (6,8 %). 1952 waren es von 406 Proben 94 (23,1 %). Der Grund für die erhöhte Ergiebigkeit ist die Aufnahme der uniflagellaten und restlichen biflagellaten *Phycomycetes* in die Fundliste. Früher blieben diese unberücksichtigt, weil keine zweckentsprechenden Köder verwandt wurden.

Die 85 Proben aus der Brackwasserstufe I (< 7 ‰) entnahmen wir der Schlei bei Schleswig, der Unterweser und dem nahen Strand Butjadingens. 64 von ihnen waren Bodenproben, die anderen Teile von standortfesten oder treibenden Substraten.

Karte 1. Die ungefähren Routen von drei Fahrten des FFS „Anton Dohrn". Auf der Island-Grönland-Route sind die Tiefen der Entnahmestellen über 200 m mit Zahlenangaben versehen.

Aus der mittleren Schlei, vom südlichen Wurster Watt und einigen Plätzen der Insel Wangerooge holten wir die 91 Proben der Brackwasserstufe II (7—15 ‰). Unter ihnen waren 72 Bodenproben.

Die Aufsammlungen aus der Schlei bei Schleimünde und dem nördlichen Wurster Watt bis zu den Inseln Neuwerk und Scharhörn brachten uns die 172 Proben der Brackwasserstufe III (15—28 ‰) ein. Von ihnen waren 99 Proben vom Boden.

Vom Meer, seiner Tiefe und seiner Küste stammen 162 Proben. Unter ihnen sind 109 Bodenproben. Die Standorte liegen auf dem weiten nördlichen Watt Wangerooges, bei Kopenhagen und entlang der Routen des FFS „Anton Dohrn". Von vier Fahrten dieses Schiffes besitzen wir Proben, auf der ersten nahm ich sie selbst, auf den weiteren zogen sie mitfahrende Herren für mich. Ihnen, besonders dem Bordarzt, Herrn Dr. Goethe, und Herrn Lutz, bin ich dafür sehr dankbar.

Von drei dieser Fahrten haben wir nach den Standortsangaben die ungefähren Routen und die Entnahmeplätze in die Karte eingezeichnet. Sie zeigt, daß die Standorte nicht nur auf die mittlere und nördliche Nordsee verteilt sind, sondern auch bei Island und noch nordwestlich davon in Richtung Grönland liegen. Die Tiefe reichte bis zu 1250 m.

Die insgesamt 510 Proben ergaben die folgenden Befunde:

	Brackwasser			Seewasser
	Zone I < 7 ‰	Zone II 7-15 ‰	Zone III 15-28 ‰	> 28 ‰
Probenzahl	85	91	172	162
Fehlproben	—	3	10	22
Phycomycetes				
Saprolegniaceae				
sexuelle Formen				
Saprolegnia mixta	2			
asexuelle Myzelien				
Saprolegnia monilifera	2			
Saprolegnia variabilis	2			
Saprolegnia spec.	16	2		
Aphanomyces spec.	13	2		
Calyptralegnia spec.	3			
Dictyuchus sterile	5			
Pythiaceae				
sexuelle Formen				
Pythium monospermum	4	2		
Pythium rostratum	1			
Pythium salinum		3		
Pythium aquatile		1		
Pythium dissotoccum		1		
Pythium graminicolum var. *stagni*		2		
asexuelle Myzelien				
Pythium afertile	7			
Pythium gracile	1			
Pythium proliferum	1			
Pythium diacarpum	1			
Pythium conidiophorum	1			
Pythium monospermum	9	3		

	Brackwasser			Seewasser
	Zone I < 7 ‰	Zone II 7-15 ‰	Zone III 15-28 ‰	> 28 ‰
Probenzahl	85	91	172	162
Fehlproben	—	3	10	22
Pythium inflatum	4	1		
Pythium catenulatum		1		
Pythium salinum		5		
Pythium elongatum		1		
Pythium pulchrum		1		
Pythium spec., Kugelsporangien	23	6	6	
Pythium spec., fädige Sporangien	22	1	8	1
Pythiomorpha fischeriana	1			
Pythiogeton utriforme	2	1		
Pythiogeton transversum			1	
Phytophthora spec.	5	6		
Uniflagellatae				
Olpidium pendulum	23	2		
Olpidium luxurians	14	3	2	
Olpidium maritimum		10	3	1
Rhizophydium ovatum	10		4	
Rhizophydium sphaerotheca		2	9	
Rhizophydium spec. aff. *sciadii*	3		2	
Rhizophydium pollinis pini	4			1
Rhizophydium gibbosum				2
Rhizophydium spec. indet.	26	13	11	10
Phlyctochytrium biporosum				1
Phlyctochytrium spec. aff. *hallii*		1	1	
Phlyctochytrium spec. Reinbold		1	2	
Phlyctochytrium indet.	6	4	1	
Phlyctidium spec.	3			
Achlyella spec.	2			
Rhizidium braunii				1
Rhizophlyctis spec. aff. *borneensis*		7	7	3
Entophlyctis bulligera			1	1
Asterophlyctis sarcoptoides		1	3	
Chytridium papillatum	1			
Chytridiales indet.	25	38	66	39
Hyphochytrium spec.	1	2	1	1
Synchytrium spec.	1	3		7
Karlingia rosea	1	2		
Biflagellatae ceterae				
Lagenidium pygmaeum	1			
Pseudolpidium pythii	1	1		
Sirolpidium bryopsidis		4		
Olpidiopsis andreei		1		
Petersenia irregulare	2			
Eurychasma sacculus		1		
Ectrogella bacillariacearum	2	6	4	
Ectrogella spec.		4	2	3
Thraustochytrium spec.	2	9	19	69
Thraustochytrium proliferum			15	28
Pontisma lagenidioides				1

	Brackwasser			Seewasser
	Zone I < 7 ‰	Zone II 7-15 ‰	Zone III 15-28 ‰	> 28 ‰
Probenzahl	85	91	172	162
Probenzahl	—	3	10	22
Ascomycetes et Fungi imp.				
Arenariomyces cinctus	2	1		3
Arenariomyces trifurcatus		1		2
Ceriosporopsis hamata	1	3		
Ceriosporopsis barbata		2		3
Lignincola laevis		3	2	7
Halophiobolus opacus		2	3	1
Remispora lobata	1		1	3
Palomyces quadri-remis				1
Endomycetales indet.			2	20
Ascomycetes indet.	4	1	8	6
Speira (Cattanea) litorale		2	4	3
Speira pelagica			7	
Speira spec.	2	1		
Alternaria maritima	2	1	11	3
Alternaria spec.	1			1
Stemphylium spec.	1	3	3	2
Helicoma maritima		5	8	18
Diplodia spec.	2	2	2	1
Fusarium spec.	1	1		
Dematium spec.	1			
Asterothrix raphidioides	2			
Phomopsis spec.	2			
Phoma spec.			1	
Zythia spec.			1	1
Phyllostictales indet.	13	5	6	3
Fungi imp. cet. indet.	39	18	30	68
Befunde insgesamt	327	205	257	315

		Brackwasser						Seewasser	
		Zone I < 7 ‰		Zone II 7-15 ‰		Zone III 15-28 ‰		> 28 ‰	
Probenzahl		85		91		172		162	
Fehlproben		—		3		10		22	
		Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%
Saprolegniaceae	sexuell	2	0,6						
	asexuell	41	12,5	4	1,9				
Pythiaceae	sexuell	5	1,5	9	4,4				
	asexuell	77	23,5	26	12,7	15	5,8	1	0,3
Uniflagellatae		120	**36,7**	89	**43,4**	113	**44,0**	67	21,2
Biflagellatae ceterae		8	2,5	26	12,7	40	15,5	101	32,1
Ascomycetes et Fungi imp.		74	22,6	51	24,9	89	34,6	146	**46,3**
		327	99,8	205	100,0	257	99,9	315	99,9

Tabelle 1: Die Prozentanteile der Pilzgruppen in den vier Salzwasserstufen

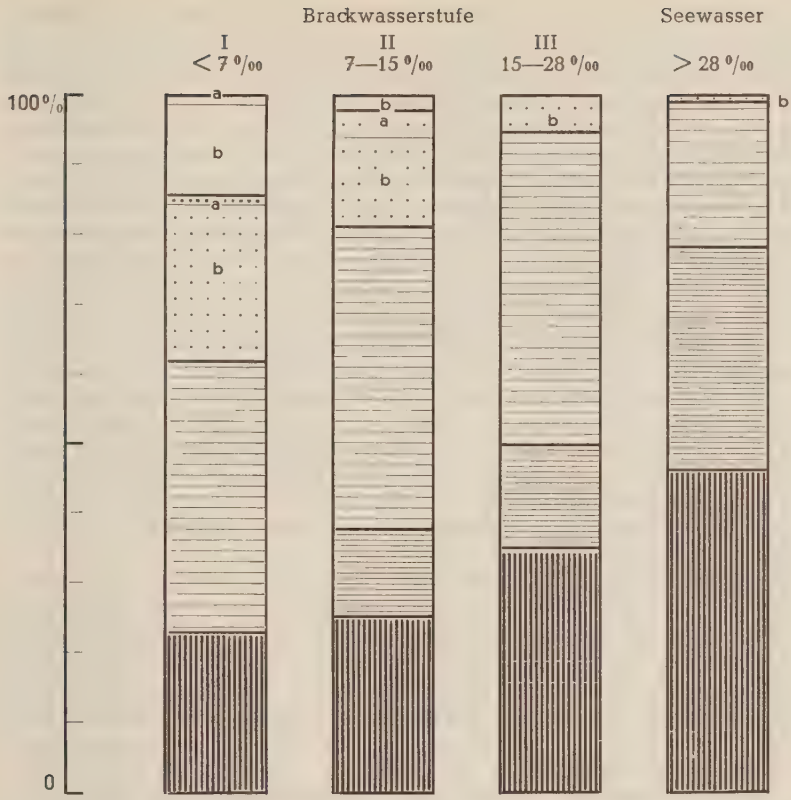
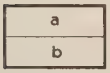
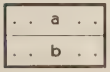


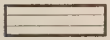
Abb. 1 Pilzspektren für die vier Salzgehaltsstufen



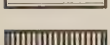
Saprolegniaceae *sexuell* asexuell



Pythiaceae sexuell *asexuell*



Uniflagellatae



Biflagellatae ceterae

Fungi imp.

Die Zahl aller Befunde (327 + 205 + 257 + 315) ist 1104. Davon stellen die Saprolegniaceen den kleinsten Anteil, nur 47. 43 Myzelien wurden aus der Brackwasserzone I und 4 aus der Zone II geködert. Die einzige sexuelle Form, zweimal gefunden, war *S. mixta.* Sie und *S. ferax,* die dieses Mal nicht eingebracht wurde, sind uns aus der tidenbewegten und oligohalinen Unterweser als letzte Vertreter der mündungwärts ausklingenden sexuellen Saprolegnienflora schon lange bekannt.

Die Pythien stellen 133 der Befunde. Die Anteile in den unterschiedenen Salzgehaltsstufen sind: 82, 35, 15 und 1. Auch diese Familie wird seewärts fortschreitend unterdrückt. Sie birgt aber eine Anzahl resistenter, angepaßter Arten und Varietäten, die auch als Brackwasserformen angesprochen werden können. Darum konnten in der Brackwasserstufe II auch neun sexuelle Myzelien bei nur vier in der Zone I eingefangen werden. Sechs der ersteren stellen *P. salinum, P. aquatile* und *P. graminicolum* var. *stagni,* die alle drei als euryhaline Formen oder als Meerestümpelbewohner bei der Artbeschreibung charakterisiert worden sind. Bei *P. monosperum* zeigte sich einmal mehr, daß ihre Sexphase die 15‰-Schwelle nicht überschreitet; sie kann als Indikator für die Grenze angesprochen werden. — Die relativ hohe Zahl der asexuellen Myzelien dürfte durch die hemmende Wirkung des steigenden Salzgehaltes bei den vom limnischen Raum einwandernden Myzelien verursacht sein.

Mehr als ein Drittel aller Befunde (389) waren *Uniflagellatae.* Ihre Stufenanteile sind 120, 89, 113 und 67. Bis auf wenige Arten sind die Uniciliaten als Süßwasserorganismen beschrieben worden. Die Arbeiten von Cohn (1865), Petersen (1905), Sparrow (1936), Gaertner (1954), Harder und Uebelmesser (1955) und Höhnk (1953) haben aber gezeigt, daß unter ihnen eine Reihe von Formen ist, die euryhalin lebt. Solche und vielleicht auch einzelne Meeresbewohner kann unsere hohe Zahl der noch unbestimmten Fänge (168) enthalten.

In unseren Befunden wird die Abnahme der *Uniflagellatae* im Meerwasser kompensiert durch das Anwachsen der *Biflagellatae* ceterae von 8 über 26, 40 bis zu 101 Fängen in den vier Stufen. Eine weitere Beobachtung ist, daß die Artenliste der *Uniflagellatae* in allen Salzgehaltsstufen reichhaltiger ist als die der *Biflagellatae* cet., obwohl die Zahl der Fänge der letzteren meerwärts stark anwächst. Es mag sein, daß diese Erscheinung mitbedingt ist durch unsere Methodik, darum wandelbar und nur gegenwärtig so auffallend ist. S t e t i g und h ä u f i g ist nur eine Familie im Meerwasser, das sind die *Thraustochytriaceae.* Wir haben bei ihr alle Befunde eingereiht, deren Sporenbildung der Gattungsdiagnose entsprach, auch dann, wenn die Sporen bislang keine Zilien und Schwärmzeiten zeigten. — (Diese sogenannten niederen *Phycomycetes [Uni-* und *Biflagellatae* cet.*]* waren in der Studie I noch nicht aufgeführt.)

Mit 360 Befunden bilden die höheren Pilze, *Ascomycetes et Fungi imp.,* das letzte Drittel der Gesamtausbeute. Ein großer Teil von ihnen kann artenmäßig auch erst später erfaßt werden. In der Brackwasserzone III und

im Seewasser sind zwei bzw. zwanzig Hefenfänge einbezogen worden. Sie ändern die Prozentzahlen in Tab. 1 um 0,7 bzw. 6,3 %. Auch wenn wir diese Sätze abziehen würden, blieben die höheren Pilze dennoch die dominierende Komponente der Pilzbesiedlung im Seewasser (Abb. 1, rechtes Spektrum).

Die Ergiebigkeit der Aufsammlung hängt wesentlich von der Substratauswahl ab, und sie beeinflußt auch die systematische Ausbeute. Die Bodenproben können kiesig, grob- bis feinkörnig oder schlickig sein und mögen Holzsplitter, Reste von Pflanzen oder Tieren enthalten, sie werden aber vermutlich ein zuverlässigeres Bild der submersen Pilzflora geben als oberflächennah treibende Substrate oder Späne der entwässerten Hölzer von den Uferbefestigungen, Leuchtturmanlagen oder Baken. Um die Substratauswahl einheitlicher zu treffen, zogen wir von den oben behandelten Proben die vom Boden heraus und veranschaulichen die Ergebnisse in der gleichen Weise, wie es oben für alle Proben geschehen ist.

Von den oben behandelten 510 Proben waren 344 vom Boden. Sie ergaben die folgenden Befunde:

	Brackwasser			Seewasser
	Zone I < 7 ‰	Zone II 7-15 ‰	Zone III 15-28 ‰	> 28 ‰
Probenzahl	64	72	99	109
Fehlproben	—	1	—	22
Phycomycetes				
Saprolegniaceae				
sexuelle Formen				
Saprolegnia mixta	2			
asexuelle Myzelien				
Saprolegnia monilifera	2			
Saprolegnia variabilis	2			
Saprolegnia spec.	16	2		
Aphanomyces spec.	13	1		
Calyptralegnia spec.	3			
Dictyuchus sterile	5			
Pythiaceae				
sexuelle Formen				
Pythium monospermum	4	2		
Pythium rostratum	1			
Pythium salinum		3		
Pythium graminicolum var. *stagni*				
Pythium aquatile		2		
Pythium dissotoccum		1		
		1		
asexuelle Myzelien				
Pythium afertile	7			
Pythium proliferum	1			
Pythium diacarpum	1			
Pythium conidiophorum	1			
Pythium monospermum	9	3	1	

	Brackwasser			Seewasser
	Zone I < 7 ‰	Zone II 7-15 ‰	Zone III 15-28 ‰	> 28 ‰
Fehlproben	64	72	99	109
Fehlproben	—	1	—	22
Pythium inflatum	4	1		
Pythium spec., Kugelsporangien	23	2	2	
Pythium spec., fädige Sporangien	22			
Pythium salinum		5		
Pythium elongatum		1		
Pythium catenulatum		1		
Pythium pulchrum		1		
Pythiomorpha fischeriana	1			
Pythiogeton utriforme	2		1	
Pythiogeton transversum				
Phytophthora spec.	5	3		
Uniflagellatae				
Olpidium pendulum	23	2		
Olpidium luxurians	13	2	2	
Olpidium maritimum		10	3	1
Rhizophidium ovatum	10		4	
Rhizophidium sphaerotheca		2	9	
Rhizophidium spec. aff. *sciadii*	3		2	
Rhizophidium pollinis pini	4			1
Rhizophidium gibbosum				2
Rhizophidium spec. indet.	24	13	10	5
Phlyctochytrium biporosum				1
Phlyctochytrium spec. aff. *hallii*		1	1	
Phlyctochytrium spec. REINBOLD		1	2	
Phlyctochytrium spec. indet.	6	4	1	
Phlyctidium spec.	3			
Achlyella spec.	2			
Rhizidium braunii				1
Rhizophlyctis spec. aff. *borneensis*		7	6	3
Entophlyctis bulligera			1	1
Asterophlyctis sarcoptoides		1	3	
Chytridium papillatum	1			
Chytridiales indet.	16	30	52	23
Hyphochytrium spec.	1	1	1	
Synchytrium spec.	1	3		7
Karlingia rosea	1	2		
Biflagellatae ceterae				
Lagenidium pygmaeum	1			
Pseudolpidium pythii	1			
Sirolpidium bryopsidis		4		
Olpidiopsis andreei		1		
Petersenia irregulare	2			
Eurychasma sacculus		1		
Ectrogella bacillariacearum	2	6	4	
Ectrogella spec.		4	2	3
Thraustochytrium spec.	2	9	17	49
Thraustochytrium proliferum			15	28

	Brackwasser			Seewasser
	Zone I < 7 ‰	Zone II 7-15 ‰	Zone III 15-28 ‰	> 28 ‰
Probenzahl	64	72	99	109
Fehlproben	—	1	—	22
Ascomycetes et Fungi imp.				
Arenariomyces cinctus	2	1		3
Arenariomyces trifurcatus		1		2
Halophiobolus opacus		1		
Ceriosporopsis barbata				1
Endomycetales indet.				10
Ascomycetes ceteri indet.	1	1	2	2
Speira (Cattanea) litorale		1	2	2
Speira spec.		1		
Alternaria maritima			3	2
Alternaria spec.				1
Stemphylium spec.	1	2		
Helicoma maritima		2		
Diplodia spec.	2	2		
Fusarium spec.	1	1		
Phomopsis spec.	1			
Phoma spec.			1	
Phyllostictales indet.	3	2	4	
Fungi imp. ceteri, indet.	36	16	11	35
Befunde insgesamt	286	165	162	183

		Brackwasser						Seewasser	
		Zone I < 7 ‰		Zone II 7-15 ‰		Zone III 15-28 ‰		> 28 ‰	
Probenzahl		64		72		99		109	
Fehlproben		0		1		0		22	
		Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%
Saprolegniaceae	sexuell	2	0,7						
	asexuell	41	14,3	3	1,8				
Pythiaceae	sexuell	5	1,7	9	5,5				
	asexuell	75	26,2	18	10,9	4	2,5		
Uniflagellatae		108	**37,8**	79	**47,9**	97	**59,9**	45	24,6
Biflagellatae ceterae		8	2,8	25	15,1	38	23,4	80	**43,7**
Ascomycetes et Fungi imp.		47	16,5	31	18,8	23	14,2	58	31,7
		286	100,0	165	100,0	162	100,0	183	100,0

Tabelle 2: Die Prozentanteile der Pilzgruppen nach den Befunden aus den Bodenproben

Es überrascht, daß die Myzelien der Saprolegnien und der Pythien der ersten allgemeinen Zusammenstellung bis auf einzelne Fänge alle aus Bodenproben und nicht von Hölzern der Oberfläche des Meeres gewonnen worden sind.

Bemerkenswert ist, daß die im Meere dominierende Phycomycetenfamilie der *Thraustochytriaceae* wenigstens mit einem, noch nicht benannten Vertreter ins Brackwasser hinein vordringt und sogar in zwei Bodenproben aus der oligohalinen Brackwasserstufe I nachgewiesen werden konnte.

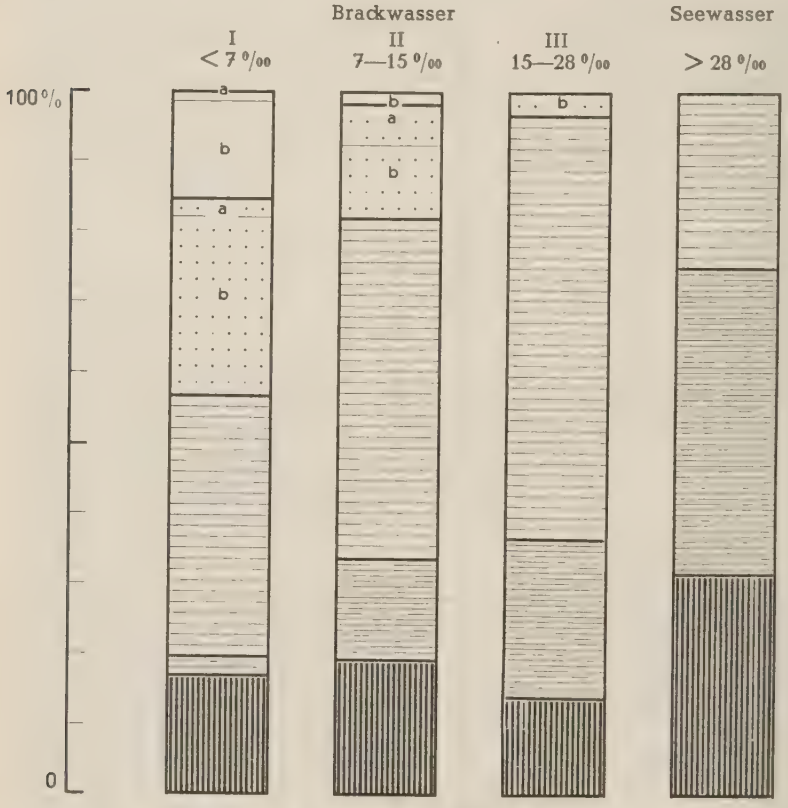


Abb. 2 Die Pilzspektren für die vier Salzgehaltsstufen nach den Befunden aus den Bodenproben

Der Vergleich der Abb. 1 mit 2 zeigt in den oberen Teilen starke Ähnlichkeit. Die *Uni-* und *Biflagellatae* dominieren in Abb. 2 stärker als bei Abb. 1, und entsprechend treten die höheren Pilze bei den Bodenproben zurück. Die Übergänge sind in Abb. 1 gleitend, in Abb. 2 tritt in der Brackwassesrtufe III ein Rückschlag ein. Dieser wird wahrscheinlich aber

weniger den Verhältnissen am Ort gerecht, als vielmehr einer methodischen Sonderheit. Eine Aufsammlung von Duhnen bis Neuwerk wurde zu dem Zweck gemacht, das Vorhandensein der *Uni-* und *Biflagellatae* nachzuweisen. Eine Reihe dieser Schalen wurde nach der ersten Auswertung nicht mehr wiederholt kontrolliert, wie die anderen vor- und nachher. Darum war die Ausbeute an langsam wüchsigen *Ascomycetes* und *Fungi imp.* auch geringer. — Unter Berücksichtigung dieses Umstandes sind die Spektren in den Abb. 1 und 2 einander sehr ähnlich, mehr als von vornherein erwartet werden konnte.

Der Nachweis der pilzlichen Besiedlung des Meeresbodens aber darf wohl als geglückt angesehen werden.

Betrachtung

Am Ausgang unserer Zusammenstellung stand die Absicht, unsere neueren Sammelergebnisse in die 1952 gegebene erste Übersicht über die pilzliche Besiedlung des Brack- und Meerwassers einzubauen. Die Rückschau wurde notwendig, weil besonders die 1952 begonnene Fahndung auf sog. niedere *Phycomycetes* mit Mikroködern, vor allem Pollen, eine reiche Ausbeute ergeben hat.

Die Fänge dieser Pilze haben die Fehlproben auf insgesamt 6,8 % eingeengt gegenüber 23,1 %, die vor Einschluß der „Pollenspitze" in die Studie I (1952) angegeben worden waren. — Seit kurzem isolieren wir auch die Hefen des Brack- und Meerwassers. Die Fänge werden eine weitere Einengung der Fehlproben herbeiführen, denn die Hefen sind sowohl im offenen Meer als auch an der Küste, am Bewuchs und auch in Bodennähe, häufig.

Während noch die Mykoflora des Meerwassers im Diagramm der Studie I nur höhere Pilze *(Fungi imp.)* enthält, zeigt sie in der Abb. 1 dieser Arbeit zwei Komponenten; neben den höheren auch niedere Pilze. Der Anteil der letzteren ist sogar der größere, denn die 140 Proben enthielten gegenüber 146 Befunden von höheren Pilzen 169 der Phycomycetes.

Von den 344 Bodenproben wurden 109 dem Meeresgrunde entnommen; 87 davon ermöglichten 183 Befunde. Ein wesentlicher Teil der Fehlproben lag an der Ostküste Schottlands und Nordenglands in weniger als 100 m Tiefe. Ob dieser Teil der Nordsee von der dauernden starken Tidenströmung besonderen Umlagerungen oder Störungen ausgesetzt ist und wir damit einen Hinweis auf das Zustandekommen dieser Kette von Fehlproben erhalten, bleibt zunächst eine ungelöste Frage. Vielleicht gibt es dafür auch andere Ursachen, z. B. bei der Behandlung im Labor, die unserer Beobachtung nur entgangen sind.

Von den 87 ergiebigen Proben vom Meeresgrund waren 66 bei Tiefen bis zu 200 m, 15 zwischen 200—400 m, 4 zwischen 400—1000 m und 2 bei 1150 bzw. 1250 m genommen. Damit ist das Vorhandensein einer Myko-

flora auf dem Meeresgrunde doch wahrscheinlich gemacht. Eine Stütze erhält diese Vorstellung durch den gelungenen Nachweis von weitverbreiteten marinen Formen, die nach dem Brackwasser hin selten werden und im Limnischen nicht aufgefunden wurden. Dies bezieht sich besonders auf die bislang monotypische Familie der *Thraustochytriaceae.*

Daß die niedrige Temperatur auch in noch größeren Tiefen nicht allen pilzlichen Wuchs auszumerzen vermag, zeigte Kriss, der aus mehr als 3000 m Tiefe in arktischen Gewässern auf 89° 22′5 nördl. Breite noch propagierende Hefen heraufbrachte.

Von den fünf unterschiedenen oder in die Beobachtung einbezogenen systematischen Gruppen bleiben auf dem Wege ins Meer zwei *(Saprolegniaceae* und *Pythiaceae)* aus. Das kommt einer qualitativen Verarmung gleich. Ob die Erscheinung auch Artenverlust ohne Kompensation durch Meeresformen bedeutet, kann noch nicht gesagt werden. Selbst wenn unsere Listen ihn für die *Uni-* und *Biflagellatae* vermuten lassen können, ist dem doch die hohe Zahl der nicht bestimmten Fänge bei allen drei verbleibenden Pilzgruppen entgegenzuhalten. Es bleibt außerdem noch zu erwähnen, daß unsere Ergebnisse in bezug auf *Phycomycetes* im wesentlichen mit Ködern erreicht wurden, die wahrscheinlich nur von einem Teil der marinen Pilze besiedelt werden. Die anderen saprophytischen und parasitischen Formen (auch die des Planktons) zu erhalten und zu berücksichtigen, bleibt als Aufgabe weiterhin bestehen.

Mit einer qualitativen Minderung braucht nicht die quantitative Abnahme verbunden zu sein. Ein Kriterium für diese Beurteilung gibt der Quotient von Befunden: Probenzahl. In der nachfolgenden kleinen Tabelle ist er errechnet, und zwar für die Summe der *Uni-* und *Biflagellatae* cet. und *Ascomycetes et Fungi imp.* (Tabelle 3). Wir nahmen diese Pilzgruppen, weil sie in allen unterschiedenen Salzwasserstufen vorkommen. Die *Saprolegniaceae* und *Pythiaceae* wurden nicht eingeschlossen, da sie bei steigendem Salzgehalt ausfallen. Es sind zwei Quotienten gebildet worden, einmal ist durch die Probenzahl mit Einschluß der Fehlproben und das andere Mal ohne Fehlproben dividert worden. Dieser Kolonne für die vier Brack- und Meerwasserstufen sind zwei weitere vorangestellt, in die die gleichen Werte für einen Standort in einem Quellbach*) und für einen anderen in einem schwach oligohalinen Wasserzug im limnischen Bereich eingetragen sind. Die sechs Kolonnen zeigen in ihren Werten nun die Kontinuität der Änderung, die vom limnischen Quellbach über die Brackwasserstufen ins Meer nach unseren Ergebnissen vorliegt.

Die Werte fallen nach den Brackwasserstufen I und II hin merklich, dann bleiben sie einander ähnlich. Nach den bis jetzt beobachteten, aber nur zum Teil bestimmten Formen und unter Beachtung der geschilderten

*) Beide Standorte sind in meiner Mykologischen Abwasserstudie I in diesem Bande, p. 67, hydrographisch und mykologisch charakterisiert worden. Die Werte von dort sind hier aufgenommen.

	Quellbach im Dobrock (limnisch)	Station II Entwässerungssystem bei Ellwürden	Brackwasser Stufe I < 7 ‰	Brackwasser Stufe II 7-15 ‰	Brackwasser Stufe III 15-28 ‰	Seewasser > 28 ‰
Befunde an *Uniflagellatae, Biflagellatae* cet., *Ascomycetes et Fungi imp.*	262	66	163	135	158	183
Zahl der Bodenproben	68	18	64	72	99	109
Zahl der Fehlproben	—	—	—	1	—	22
Q 1 (einschl. Fehlproben)	3,85	3,66	2,54	1,87	1,59	1,66
Q 2 (ohne Fehlproben)	—	—	—	1,90	—	2,05

Tabelle 3: Erläuterung im Text

methodischen Schritte geht vom Süßwasser bis ins Seewasser neben der qualitativen Minderung eine quantitative Abnahme einher. Der niedrigste Durchschnitt liegt im Brackwasser der III. Stufe und nennt 1,59 saprophytische, meist geköderte Befunde je Probe. Dabei sind nur submers lebende Arten berücksichtigt worden. Alle höheren Pilze wie Penicillien, Mucoraceen und luftangepaßte *Fungi imp.* blieben ausgeschlossen, obwohl solche Myzelien sowohl im freien Ozean als auch an seinen Ufern leben oder kümmern.

Wir vermuten, daß unsere so gewonnenen Befund- und Artenzahlen künftig wohl nur noch erhöht werden können.

Zusammenfassung

Die Artenanalyse von 510 Proben, die dem salzigen Wasser entnommen worden waren, ist hier die Grundlage für eine Charakterisierung der pilzlichen Besiedlung der Brackwasserstufen I (< 7 ‰), II (7—15 ‰), III (15—28 ‰) und des Meeres (> 28 ‰).

Angehörige der *Saprolegniaceae* überschreiten selten die 7 ‰-Grenze. Die Menge der limnischen *Pythiaceae* entfaltet oberhalb 15 ‰ die sexuelle Phase nicht mehr, wohl aber ihre Brackwasserformen.

Uniflagellatae und *Biflagellatae* cet. bewohnen alle Salzgehaltsstufen. Im Brackwasser dominieren die *Uniflagellatae,* im Meer die höheren Pilze *(Ascomycetes* et *Fungi imp.).*

Die prozentuale Gliederung der Pilzbesiedlung in den vier Salzgehaltsstufen wird in Spektren veranschaulicht.

Die gleiche Analyse und ihre Veranschaulichung werden auch für die in der Gesamtzahl enthaltenen 344 Bodenproben gegeben. Bei ihnen dominieren im Meer die *Biflagellatae* cet., der Anteil der höheren Pilze ist etwas niedriger.

Die Ausbeute der 109 Bodenproben des Meeres, in Tiefen von 40 bis 1250 m genommen, machen das Vorhandensein einer pilzlichen Flora auf dem Grunde der Meere wahrscheinlich.

Es ist auch zu erwarten, daß die Zahl der im Meere nachgewiesenen Pilze sich durch geeignete Köder und Einbeziehung weiterer Pilzgruppen (z. B. Hefen) künftig noch wesentlich erhöht.

Anschrift des Verfassers:
Dr. W. Höhnk, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

Ainsworth, G. C. and G. R. Bisby, 1950. A dictionary of the fungi. Kew.

Aleem, A. A., 1953. Marine Fungi from the West-Coast of Sweden. Arkiv för Botanik. **3**: 1—33.

Barghoorn, E. S. and Linder, D. H. 1944. Marine Fungi. Farlowia **1**: 395—467.

Clements, F. E. and C. L. Shear. 1931. The genera of fungi. New York.

Cohn, F. 1865. Chytridii species novae marinae. Hedwigia **12**: 169—170.

Coker, W. C. 1923. The Saprolegniaceae. Chapel Hill.

Cribb, A. B. and J. W. Cribb. 1955. Marine Fungi from Queensland. I. Univ. of Queensland Papers. **3**: 77—81.

Cribb, A. B. and J. W. Herbert. 1954. Three species of fungi parasitic on marine algae in Tasmania. Univ. of Queensland Papers **3**: 9—13.

Delitsch, H. 1943. Systematik der Schimmelpilze. Neudamm.

Feldmann, J. 1941. Maireomyces, nouveau genre de Pyrenomycete marin.

— 1941. Une nouvelle espece de Sphéropsidée parasite d'une algue marine. Beide Arbeiten: Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, **31**: 163—170.

— 1955. Observations sur quelques Phycomycetes marins nouveaux ou peu connus. Revue Mycologique. **20**: 231—251.

Gaertner, A. 1954. Über das Vorkommen niederer Erdphycomyceten in Afrika. Schweden und an einigen mitteleuropäischen Standorten. Arch. Mikrobiol. **21**: 112.

Grove, W. B. 1937. British Stem- and Leaf-Fungi. 2 Bde. Cambridge.

Harder, R. und E. Uebelmesser. 1955. Über marine saprophytische Chytridiales und einige andere Pilze vom Meeresboden und Meeresstrand. Arch. Mikrobiol. **22**: 87—114.

Höhnk, W. 1939. Ein Beitrag zur Kenntnis der Phycomyceten des Brackwassers. Kieler Meeresforschungen. **3**: 337—361.

— 1952—1955. Studien zur Brack- und Seewassermykologie I—V. Veröff. Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven. Bde. **1—3**.

— 1953. Mykologische Studien im Brack- und Seewasser. Atti del VI. Congresso internazionale di Microbiologia, Roma. **7**: 374—378.

Höhnk, W. 1954. Von den Mikropilzen in Watt und Meer. Abh. Naturwiss. Ver. Bremen. **33**: 407—429.

— 1955. Niedere Pilze vom Watt und Meeresgrund. Naturwissenschaften. **42**: 348—9.

— und A. A. Aleem. 1953. Ein Brackwasserpilz: Olpidium maritimum nov. spec. Veröff. Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven. **2**: 224—229.

Kriss, A. E. 1955. Die Bakterienwelt des Ozeans im Rayon des Nordpols. Russisch. Sonderdruck.

Lindau, G. 1907, 1910. Fungi imperfecti. Abt. 8 und 9 der Rabenhorst's Kryptogamenflora. Leipzig.

Meyers, S. P. 1953. Marine Fungi in Biscayne Bay, Florida. Bull. of Marine Science of the Gulf and Caribbean. **2**: 590—601.

— 1954. Marine Fungi in Biscayne Bay, Florida II. Bull. of Marine Science of the Gulf and Caribbean. **3**: 307—327.

petersen, H. E. Contributions a la connaissance des Phycomycetes marins (Chytridinae Fischer). Overs. Kgl. Danske Vidensk. Selskabs. Forhandl. p. 439—488.

Matthews, V. D. 1931. Studies on the genus Pythium. Chapel Hill.

Middleton, J. T. 1943. The taxanomy, host range, and geographic distribution of the genus Pythium. Mem. Torrey Bot. Club. **20**: 1—171.

Reinboldt, B. 1951. Über die Verbreitung einiger niederer Phycomyceten im Erdboden. Arch. Mikrobiol. **16**: 177.

Sparrow, F. K. 1934. Observations on marine Phycomycetes collected in Denmark. Dansk Bot. Arkiv. **8** (6): 1—24.

— 1936. Biological observations on the marine fungi of Woods Hole waters. Biol. Bull. **70**: 236—263.

— 1943. Aquatic Phycomycetes. Univ. Michigan. Ann. Arbor.

Wilson, I. M. 1951. Notes on some marine fungi. Trans. Brit. Mycol. Soc. **34**: 540—543.

Wolf, F. A. and F. T. Wolf. 1947. The Fungi. Vol. **2**: 488—73. New York.

ZoBell, C. E. 1946. Marine Microbiology. Waltham, Mass.

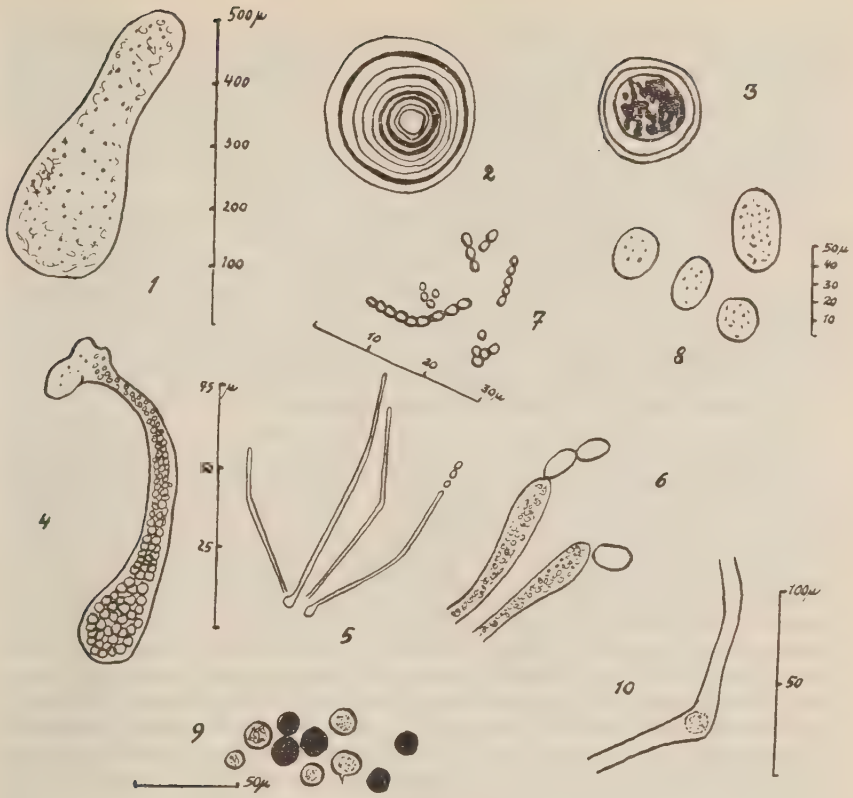
Die Vermehrungsformen des zoophagen Pilzes *Ichthyosporidium hoferi* (Plehn et Mulsow) (*Fungi, Phycomycetes*) im Wirt

Von Heinz-Hermann Reichenbach-Klinke

Die außerordentliche Verbreitung des zoophagen Pilzes *Ichthyosporidium hoferi* (Plehn et Mulsow), von dem im Meer und Süßwasser bisher über 80 Fischarten als Wirtstiere festgestellt werden konnten (H. Reichenbach-Klinke 1954, 1956) hat dazu beigetragen, daß sich verschiedene Autoren mit den Erscheinungsformen dieses Endoparasiten beschäftigt haben. Die einzelnen Fortpflanzungsstadien sind dabei aus Meeresfischen durch N. G. Sproston 1947 und den Verfasser 1956, aus Süßwasserfischen durch Schäperclaus 1954 beschrieben. Da nach den Beobachtungen von N. G. Sproston in Meeresfischen offenbar vielerlei Vermehrungsformen auftreten, mehr als bei Süßwasserfischen, erscheint es von Bedeutung, die bisherigen Befunde einmal zusammenzustellen und zu vergleichen.

Sowohl bei Meeres- wie bei Süßwasserfischen ist die enzystierte Plasmodialmasse, der Hyphenkörper oder Thallus, die häufigste Erscheinungsform, die denn auch vielfach beobachtet wurde, so vor allem durch A. Alexeieff 1914, M. Caullery et F. Mesnil 1905, P. Cox 1916, G. E. Daniel 1933, M. F. Ellis 1930, J. Fischthal 1944, F. W. Fish 1934, J. Johnstone 1913 und 1920, M. Robertson 1908 und L. W. Scattergood 1948 bei Meeresfischen, sowie durch A. Laverran et A. Pettit 1910, L. Léger 1928, L. Léger et R. Hesse 1923, E. Neresheimer und C. Clodi 1914 und A. Pettit 1911 und 1913 bei Süßwasserfischen. Die Gestalt des Hyphenkörpers von *Ichthyosporidium* ist kuglig bis ei- oder zungenförmig, mitunter in den Umrissen stark wechselnd. Die Größe schwankt von 20—30 μ bis zu 2 mm im Durchmesser. Die Thallusmasse selbst ist vielkernig, wabig strukturiert, in reiferem Zustand aus Plasmakugeln bestehend. Charakteristisch sind unregelmäßig gestaltete Melaninschollen (Abb. 1). Der Sitz der Plasmodialmassen sind innere Organe der Fische, Darmmucosa, Leber, Niere, Milz, Herz, Bindegewebe der Leibeshöhle, Ovar, Muskeln, Unterhautgewebe, Gehirn einschließlich der optischen Ganglien. Die Abkapselung des Parasiten durch den Wirt erfolgt durch bindegewebige Hüllen, die sich besonders schnell in den bindegewebshaltigen Teilen der Leber und Leibeshöhle bilden. Sie lagern sich im Laufe der Zeit in mehreren Schichten um die Parasitenmasse herum und bringen diese nach und nach zum Absterben. Während bei Kaltwasserfischen des Meeres und Süßwassers der Pilz allmählich obliteriert und aufgesogen wird (Abb. 2), zerfällt der Parasitenkörper bei tropischen Süßwasserfischen meist in Melaninstücke (Abb. 3).

Die Auskeimung der Plasmodien erfolgt entweder in breiten Schläuchen (Makrohyphen), die sich lang ausziehen können oder bald nach Verlassen



Tafelerklärung

Die Vermehrungsformen
des fischpathogenen Pilzes *Ichthyosporidium hoferi* (Plehn et Mulsow):

1: Hyphenkörper, Thallus, Plasmodialmasse, mit zahlreichen Melanineinlagerungen.
2: Enzystierung der „Salmonidenform" der kalten Gewässer.
3: Enzystierung der „Aquarienfischform" der Fische tropischen Süßwassers.
4: Makrohyphe aus der Leber von *Serranus scriba* L.
5: Mikrohyphen aus der Leber von *Serranus scriba* L.
6: Conidiophoren und Conidien aus *Serranus scriba* L.
7: Endoconidien, rechts aus *Serranus scriba* L., links *Betta splendens* Regan.
8: Junge Plasmodialmassen (Hyphenkörper).
9: „Dauersporen" aus dem Augenhintergrund von *Serranus scriba* L.
10: „Kniezelle" aus einer *Ichthyosporidium*-Kultur (Parasitenmaterial aus *Rhodeus amarus* Bloch).

des Mutterthallus zu Tochterthalli abschnüren, oder sie erfolgt in schlanken Mikrohyphen. Die Makrohyphen oder primäre Hyphen sind unseptierte, 7—15 μ breite Schläuche mit einem körnigen Inhalt. Sie haben meist keulenförmige Gestalt und sind am Ursprung am schmalsten (Abb. 4). Ihre Länge ist recht verschieden; bei Meeresfischen bis zu 200 μ lang, sind sie bei Süßwasserfischen oft sehr kurz und zerfallen in Tochterplasmodien, die dann konzentrisch um den Ausgangsherd gelagert sind.

Von den Makrohyphen stark unterschieden sind die sehr viel dünneren Mikrohyphen oder sekundären Hyphen. Auch sie sind unseptiert, haben aber nur eine Breite von 2—3 μ (Abb. 5). Sie sind kürzer als die Makrohyphen, ich beobachtete Längen von 100 μ. Nach meinen Untersuchungen sind sie meist ziemlich geradlinig und winklig abgeknickt. Der Inhalt der Mikrohyphen ist körnig, ähnlich wie der der Makrohyphen. An ihrem Ende werden oftmals Ketten dickschaliger Endoconidien abgeschnürt. Mikrohyphen sind nur in Meeresfischen festgestellt.

Neben den Makro- und Mikrohyphen keimen gelegentlich aus den Plasmodialmassen Conidiophoren, kurzkeulenförmige Ausstülpungen, die am Ende braunschalige ovoide Conidien von 10—20 μ Durchmesser bilden (Abb. 6). Aus den Conidien kommen die schon erwähnten Endoconidien, kleine, braunschalige kuglige Gebilde von 1,5—3 × 3—4 μ Größe. Die Bildung der Endoconidien erfolgt oftmals direkt am Rand des Mutterthallus, wobei ebenfalls — auch bei Süßwasserfischen (*Betta splendens* Regan) — Sporenketten von mir beobachtet werden konnten (Abb. 7). Endoconidien fand ich in allen Organen der Leibeshöhle, dort vor allem auch in den Blutgefäßen; hierin können sie wohl nur aus peripheren, intrazellulär wachsenden Keimschläuchen gelangt sein. Die Endoconidien stellen zweifellos ein Stadium dar, das ungünstige Umweltsbedingungen wie Austrocknung oder Ansäuerung zu überstehen vermag. Das Auskeimen erfolgt in Form von Hyphen, die entsprechend der Sporengröße Gestalt und Größe der Mikrohyphen haben.

Die oftmals im Auge von Meeresfischen nachzuweisenden dickschaligen braunen Kugelsporen von 4—6 μ Durchmesser (Abb. 9) könnten Dauersporen sein.

Neben der Bildung von Keimschläuchen, der Abschnürung von Tochterthalli und der Bildung von Conidien ist ohne Frage die Vermehrung durch kleinste runde Plasmodialkörper die häufigste Fortpflanzungsart. Man beobachtet oftmals, daß der Inhalt einer großen Zyste in Hunderte von kugligen Gebilden zerfällt, die beim Freiwerden des Inhalts nach außen gelangen.

Nach A. Neresheimer und C. Clodi 1914 werden in der Magensäure von Fischen, die parasitenhaltige Nahrung aufgenommen haben, die Zystenhüllen aufgelöst und der Pilz keimt dann aus. Dabei bilden sich aber neben den Hyphen zahllose Kleinplasmodien, die intrazellulär in die Darmschleimhaut dringen und von dort in die Blutbahn geraten (Abb. 8). In

leicht angesäuerten Agarkulturen konnte ich feststellen, daß die Zystenhüllen aufgelöst wurden und eine Bildung von Kurzschläuchen stattfand; bei weiterer Ansäuerung hörte jegliches Wachstum auf, und die Pilzmassen zerfielen in unzählige runde Plasmodien von ca. 20 μ Durchmesser, die sich laufend teilten und in die Umgebung ausbreiteten. Es scheint, als ob im Fisch die Vermehrung des Parasiten durch Plasmodialkörper die Regel ist. Die Kleinplasmodien wachsen nach der Festsetzung im Erfolgsorgan durch Kernteilung und Vergrößerung zu den vielkernigen Hyphenkörpern heran.

Zur Ermittlung der geschlechtlichen Vermehrungsformen wurden Agarkulturen mit Fischbouillon angesetzt. Nach N. G. Sproston 1947 kommen *Hyphal-fusions* (Zygosporen) vor. In meinen Kulturen traten gelegentlich Kniezellen (Abb. 10) auf (H. Reichenbach-Klinke 1954), wie sie ähnlich bei der Gattung *Basidiobolus* vorkommen, aber keine Zygosporen. Zur Klärung der Geschlechtsvorgänge bedarf es unbedingt weiterer Untersuchungen.

Die Vermehrung von *Ichthyosporidium hoferi* erfolgt also im Fisch auf überwiegend ungeschlechtlichem Wege. Die Regel ist das Auskeimen der Hyphenkörper in Form langer Makrohyphen, seltener dünnerer Mikrohyphen, und der Zerfall oder die Abschnürung kleiner Plasmodien. Sporenbildung (Conidien oder Dauersporen) ist bei Süßwasserfischen sehr selten. Die größere Mannigfaltigkeit der Fortpflanzungsstadien bei Meeresfischen deutet darauf hin, daß Süßwasserfische nicht die ursprünglichen Wirte sind. Bei ihnen ist die Hyphen- und Sporenbildung reduziert.

Das Auftreten verschiedener Erscheinungsformen läßt bisher noch nicht auf das Vorliegen mehrerer verwandter Arten schließen. Die Tatsache, daß Mischinfektionen nicht vorkommen, läßt eher die Vermutung zu, es handle sich um ökologisch bedingte Modifikationen. Es bleibt experimentell zu überprüfen, ob die sogenannte „Aquarienfischform" von W. Schäperclaus mit den Kurzschläuchen und den melanisierten Plasmodien sich in eine „Salmonidenform" mit den langen Schläuchen und den nicht melanisierten Plasmodien überführen läßt (W. Schäperclaus 1953).

Uber die Infektionsmöglichkeiten sind noch Untersuchungen im Gange. Die ersten Ergebnisse sind vor kurzem vom Verfasser im Rahmen meeresbiologischer Arbeiten an der Zoologischen Station in Neapel veröffentlicht worden. Nach Abschluß der Experimente soll auch hier darüber berichtet werden.

Zusammenfassung

Der Phycomycet *Ichthyosporidium hoferi* (Plehn et Mulsow) ist ein weit verbreiteter Parasit der inneren Organe von Fischen, sowohl des See- als auch des Süßwassers. Die propagativen Stadien sind sehr unterschiedlich. Gewöhnlich findet sich eine thalloide Form, der Hyphenkörper oder das Plasmodium. Die Keimung erfolgt mit breiten Makro- oder mit engen Mikrohyphen. Außerdem können noch ovoide Conidiophoren, kleine Endoconidien enthaltend, ausknospen. Solche Endoconidien treten auch

am Ende der Mikrohyphen oder an der Peripherie des Thallus auf, dann meistens in Ketten. — Zygosporen wurden bis jetzt nicht gefunden, weder im Wirt noch in den Kulturen; einmal wurde eine „Kniezelle" gesehen. — Im Süßwasser geschieht die Vermehrung und Verbreitung meistens durch die Abschnürung kleiner kugeliger Plasmodien, während im Salzwasser das Ausknospen der Makrohyphen dominiert.

Anschrift des Verfassers:
Dr. H.-H. Reichenbach-Klinke, Zoologisches Institut der T. H. Braunschweig.

Literaturverzeichnis

ALEXEIEFF, A., Sur le cycle évolutif d'une Haplosporidie *(Ichthyosporidium gasterophilum* CAULLERY et MESNIL). Arch. Zool. Exp. **54,** Notes et revue, 30—40, 1914.

CAULLERY, M. et F. MESNIL, Recherches sur les Haplosporidies. Arch. Zool. Exp. **4,** 101—180, 1905.

— Sur les Haplosporidies parasites de poissons marins. C. R. Séances et Mém. Soc. Biol. **58** (1), 640—642, 1905.

COX, P., Investigations of a disease of the herring *(Clupea harengus)* in the Gulf of St. Lawrence. Contrib. Canad. Biol., 81—85, 1914/15 (1916).

DANIEL, G. E., Studies on *Ichthyophonus hoferi,* a parasitic fungus of the herring *(Clupea harengus).* I. The parasite as it is found in the herring. Am J. Hyg. **17,** 267—276, 1933.

— Do. II. The gross and microscopic lesions produced by the parasite. Am J. Hyg. **17,** 491—501, 1933.

ELLIS, M. F., *Ichthyophonus hoferi* PLEHN et MULSOW, a flounder parasite new to North American waters. Proc. and Transact. Nova Scotia Inst. Sci. **17,** 185—192, 1930.

FISCHTHAL, J. Observations on a sporozoan parasite of the eelpout *Zoarces anguillaris,* with an evaluation of candling method for its detection. J. Parasit. **30,** 30—36, 1944.

FISH, F. W., A fungus disease in fishes of the Gulf of Maine. Parasitology **26,** 1—16, 1934.

JEPPS, M. W., On the protozoan parasites of *Calanus finmarchicus* in the Clyde Sea Area. Quart. J. Microscop. Sci **79,** 589—658, 1937.

JOHNSTONE, J., Diseased conditions of fishes: a phycomycetous fungus in a mackerel *(Scomber scombrus).* Transact. Biol. Soc. Liverpool **27,** 23—33, 1913.

— On certain parasites, diseases and abnormal conditions of fishes. Rep. f. 1919, Lancaster Sea-Fish Laboratory **28,** 24—33, 1920.

LAVERRAN, A. et. A. PETTIT, Sur une épizootie des Truites. C. R. Ac. Sci. **151,** 421 bis 423, 1910.

LÉGER, L., Sur la nature et l'évolution des „sphérules" décrites chez les Ichthyophones Phycomycètes parasites de la truite. C. R. Ac. Sci **184,** 1268—1271, 1927, und Trv. lab. hydrobiol. piscicult. Univ. Grenoble **20,** 7—11, 1928.

LÉGER, L., et R. HESSE, Sur un champignon du type *Ichthyophonus* parasite de l'intestin de la truite. C. R. Ac. Sci. **176,** 420—422, 1923.

MULSOW, K., Die Taumelkrankheit der Salmoniden. Allg. Fischereizeitung **36,** 146—148, 1911.

NERESHEIMER, E. und C. CLODI, *Ichthyophonus hoferi* PLEHN et MULSOW, der Erreger der Taumelkrankheit der Salmoniden. Arch. Protistenk. **34,** 217—248, 1914.

PETTIT, A., A propos du microorganisme producteur de la Taumelkrankheit: *Ichthyosporidium* ou *Ichthyophonus.* C. R. Séanc., Soc. Biol. **70,** 1045—1047, 1911.

— Observations sur l'*Ichthyosporidium* et sur la maladie qu'il provoque chez la truite. Ann. Inst. Pasteur **27,** 986—1008, 1913.

REICHENBACH-KLINKE, H.-H., Untersuchungen über die bei Fischen durch Parasiten hervorgerufenen Zysten und deren Wirkung auf den Wirtskörper. I. Z. Fischerei N. F. 3, 565—636, 1954. II. Z. Fischerei N. F. 4, 1—54, 1955.

— Über einige bisher unbekannte Hyphomyceten bei verschiedenen Süßwasser- und Meeresfischen. Mycopathologia et Mycol. appl. VII, 1956.

— Augenschäden bei Meeresfischen durch den Pilz *Ichthyosporidium hoferi* (PLEHN et MULSOW) und Bemerkungen zu seiner Verbreitung bei Mittelmeerfischen. Pubb. Staz. Zool. Napoli 29, Festschr. Dohrn, 1956.

ROBERTSON, M., Notes upon a Haplosporidian belonging to the Genus *Ichthyosporidium.* Proc. Roy. Phys. Soc. Edinburgh **17,** 175—187, 1908.

— Notes on an *Ichthyosporidium* causing a fatal disease in Sea-Trout. Proc. Zool. Soc. London, 399—402, 1909.

SCATTERGOOD, L. W., A report on the appearance of the fungus *Ichthyosporidium* in the herring of the northwestern Atlantic. U.S. Dep. Int., Spec. Rep. 58, 1948.

SCHÄPERCLAUS, W., Die Ichthyophonuskrankheit — eine der größten Gefahren für unsere Aquarienfische. Wochschr. Aqu. Terrk. **43,** 132—136 und 191—193, 1949.

— Fortpflanzung und Systematik von *Ichthyophonus.* Die Aqu. Terr. Z. **6,** 177—182, 1953.

— Fischkrankheiten, 3. Aufl., Berlin 1954.

SPROSTON, N. G., *Ichthyosporidium hoferi* (PLEHN et MULSOW 1911), an internal fungoid parasite of the mackerel. J. Marine Biol. Assoc. Unit. Kingdom **26,** 72—98, 1944.

Die Algenbesiedlung einiger Seen um Bremen und Bremerhaven

Von Karl Behre

Mit 6 Abbildungen und 4 Tafeln

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Untersuchungsweise, limnologische und chemische Untersuchungen 224
2. Die einzelnen Seen und ihre Besiedlung 227
   a) Das Zwischenahner Meer 227
   b) Die Sager Meere 234
   c) Der Everser See 244
   d) Der Pastorensee 250
   e) Der Wollingster See 254
   f) Der Silbersee 260
   g) Der Große Bullensee 263
   h) Der Kleine Bullensee 265
3. Die Algen in den Seen 270
   a) Die Artenzahlen 270
   b) Die Verteilung der Gruppen auf die Seen 271
   c) Die ökologischen Bedingungen für die Algen 276
   d) Die Periodizität der Algen 280
4. Die Lebensbezirke der Seen und ihre Bewohner 282
   a) Die makroskopischen Litoralalgen 282
   b) Das Plankton 283
   c) Das Metaphyton 286
      α) Begründung der Einführung des Begriffes 286
      β) Die Stellung des Metaphytons zu den Pflanzengesellschaften 297
   d) Die Bodenbewohner 299
5. Vergleich der Seen 300
   a) Zusammenfassende Charakteristik 300
   b) Die Produktivität der Seen 301
   c) Die oligotrophen Seen 303
      α) Zur Frage der Lobeliaseen 303
      β) Die Bullenseen 304
6. Systematischer Teil 305
7. Zusammenfassung 370
8. Schrifttumsverzeichnis 372

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Algenbesiedlung folgender neun Süßwasserseen in der Nähe von Bremen und Bremerhaven: Zwischenahner Meer, Großes und Kleines Sager Meer, Everser See, Pastorensee, Wollingster See, Silbersee, Großer und Kleiner Bullensee. Das Ziel der Arbeit war zunächst eine möglichst eingehende Bestandsaufnahme der Algenflora dieser Seen, soweit dies einem einzelnen ohne die Hilfsmittel eines Instituts möglich war, und sodann die ökologische und algensoziologische Auswertung der Ergebnisse. Die Untersuchungen fanden statt von 1935 bis 1939 und dann wieder von 1949 bis 1953. Durch die zehnjährige

Name des Sees	Zwischenahner Meer	Großes Sager Meer	Kleines Sager Meer	Everser See
Datum der Probenentnahme	24. 9. 50	20. 7. 31	21. 7. 31	1. 10. 50
1) Größe in ha	526	28	3,5	0,7
2) Größte Tiefe in m	5	26	10,3	8
3) Sichttiefe in cm, 1932—38	64	85[2])		182
4) Sichttiefe in cm, 1949—53	40—95	165	120	103—135
5) Seenfarbe n. Forel-Uhle[3])	12—13 g	15 g [4])	20	16—17
6) Wasserfarbe, mg/l Pt	120—150			90—100
7) „ 0,01 mg/l Methylorange	20	19,8[5])	23[6])	10
8) Wasserfärbung allgemein	bräunl.-gelb			gelb
9) pH 1932—38	7,5	7,21[7])	7,0[8])	6,2
10) pH 1935—39	7,0—9,0	6,5—7,7	6,5—7,3	6,5[9])
11) pH 1949—53	7,0—9,0	5,5—6,9	6,0—6,8	6,0—6,5
12) Alkalinität (Methylorange)	8,0			4,0
13) $KMnO_4$-Verbrauch, mg/l 1932—38		38,8	59,1	69
14) $KMnO_4$-Verbrauch, mg/l 1950	77,7			52,1
15) H_2S, frei und gebunden	0	0	0	0
16) O_2, mg/l, an der Oberfläche	9	7,73	7,88	14
17) O_2 am Grunde, % der Sättigung		3,2		0
18) Trockenrückstand, mg/l				111
19) Glührückstand, mg/l				68
20) Glühverlust, mg/l				43
21) Ammonium-N, mg/l	0			0
22) Nitrit-N, mg/l	0			Spur
23) Nitrat-N, mg/l	Spur			Spur
24) Chlorid, mg/l	32,2	10,0	10,0	21,8
25) Ca, mg/l 1932—36		5,34	5,3	12,6
26) Ca, mg/l 1950	41,7			14,4
27) Mg, mg/l	8,5	0,07	0,14	5,8
28) Fe, mg/l	0,7	0,108	0,17	0,7
29) Mn, mg/l	0,2	0,095	0,026	0
30) Phosphat-P, mg/l	0			0
31) CO_2 gebunden, mg/l	17,6			8,8
32) Karbonathärte, Deutsche Grade	2,2			1,1
33) Nichtkarbonathärte, Dt. Grade	5,6			2,2

Pastoren-see	Wollingster See			Silbersee	Großer Bullensee	Kleiner Bullensee
1. 10. 50	Nov. 1932 u. Febr. 1933	25. 9. 49	8. 10. 50	8. 10. 50	17. 9. 50	17. 9. 50
6,2			4,4	6,5	9,8	5,5
11			17	11,5[1])	11	9
339			376—485	116—120	307	112
218—220			200—205	120—130	360	110—170
14			10—12 g	16—18 g	13 g	16—18 g
40			25—30	60—70	10	150
8			3	14—27	6	12—18
gelblich			gelb	gelb	farblos	bräunl.-gelb
6,0			3,8—5,5	4,3—4,4	4,1—4,2	4,0
5,4—6,7			4,5—4,9	4,2—4,5	< 4,0—4,8	4,0—4,5
5,4—6,5			5,0—6,0	4,7—5,7	4,0—4,6	4,1—5,0
1,5		1	1,0	0,5	0	0
28			32	27	19	69—76
32,5		8,6	23,2	52,1	4,1	50,6
0			0	0	0	0
9			10	10	8—9	9—10
0			40—65		0	0
72	54,4		54—57	85	34—37	62—75
47	32,8		32—45	38	25—27	33—38
25	21,8		12—22	47	7—12	24—42
0		etwa 0,150	0	Spur	0	0
0		etwa 0,0016	0	0	0	0
Spur		0—Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
17,9	17,4		21,8	25,3	9,9	9,9
5,4	3,4		3,5	2,6	1,5—2,1	2,4—5,5
7,0			4,5	6,9	3,0	3,8
3,6	2,1		4,3	3,3	3,0	4,0
0,15		0,250	0,4	0,7	0,2	0,5
0		0,062–0,0655	0	Spur	Spur	Spur
0		etwa 0,0087	0	0	0	0
3,3			2,2	1,1	0	0
0,4			0,3	0,1	0	0
1,4			1,3	1,7	1,1	1,4

Unterbrechung war es möglich, auch die Veränderungen zu studieren, die während der Untersuchungspause in der Algenbesiedlung eingetreten waren. Da die Kieselalgen im wesentlichen erst in der zweiten Periode mit untersucht wurden, so konnten sie bei der Betrachtung der Entwicklung der Flora nur zum Teil berücksichtigt werden.

Für freundliche Unterstützung habe ich verbindlich zu danken: dem Direktor der chemischen Untersuchungsanstalt in Bremen, Herrn Dr. Drawe, für Analysen des Seenwassers, den Herren Professoren Geitler und Skuja sowie vor allem Herrn Dr. Hustedt für freundliche Hinweise bei der Bestimmung einzelner Arten, Herrn Dr. Koppe für die Bestimmung der Moose, Herrn Prof. Tüxen für die Überlassung einiger Aufnahmen von höheren Pflanzen an den Seen, den Besitzern der Boote für die Erlaubnis zu ihrer Benutzung und schließlich der Wittheit zu Bremen für eine finanzielle Unterstützung zum Abschluß der Arbeit.

1. Untersuchungsweise, limnologische und chemische Untersuchungen

Die einzelnen Seen wurden möglichst oft und in den verschiedenen Jahreszeiten besucht, pH, Wassertemperatur und Sichttiefe gemessen, die makroskopisch sichtbare Algenflora festgestellt und Proben aus den verschiedensten Habitaten in Gläsern gesammelt. Alle vom Ufer oder vom Boot aus erreichbaren Teile des Litorals wurden möglichst gründlich abgesucht, während ich mich beim Plankton fast immer mit Oberflächenfängen begnügen mußte, die oft vom Ufer oder doch über der Uferbank entnommen werden mußten. Da die meisten Seen aber eine recht geringe Sichttiefe haben oder in ihren Hauptteilen ziemlich flach sind, hoffe ich, trotzdem die wesentlichen autotrophen Formen des Planktons erfaßt zu haben. — Zu- und Abflüsse sowie andere Wasseransammlungen in nächster Nähe des

Tabelle 1. Die limnologischen und chemischen Verhältnisse der untersuchten Seen.

In der Tabelle sind die Zahlen für die Sager Meere (bis auf die Zeilen 1—5, 10 und 11) der genannten Arbeit von Ohle (1934) entnommen. Die erste Spalte über den Wollingster See stammt aus einer Arbeit von Lundbeck (in: Brockmann u. a., 1933, S. 9), die zweite gibt Untersuchungsergebnisse von Elster wieder (aus Lundbeck 1951, S. 32). Für die übrigen Spalten und die obengenannten Ausnahmen stammen die Angaben von Zeile 1—3, 5, 7, 9, 13, 17—20, 25 aus der Tabelle bei Lundbeck (1951, S. 30). Zeile 6, 8, 12, 14—16, 21—24, 26—33 sind Untersuchungsergebnisse der chemischen Untersuchungsanstalt in Bremen. Die Angaben von Zeile 4, 10 und 11 sind eigene Messungen.

Die in der zweiten Zeile angegebenen Daten für die Probeentnahme beziehen sich bei den Sager Meeren und den ersten beiden Spalten des Wollingster Sees auf die Untersuchungen der genannten Autoren, bei den übrigen Spalten nur auf die Untersuchungen der chemischen Untersuchungsanstalt, für die übrigen Angaben dieser Spalten gelten die in den einzelnen Zeilen selbst angegebenen Untersuchungszeiten.

Fußnoten der Tabelle: [1]) nach Höhnk und Bock, 1954. [2]) Ohle hat 100 cm. [3]) Das g neben den Zahlen bedeutet, daß die Seenfarbe gelber ist als der betreffende Wert der Forel-Uhle-Skala. [4]) Ohle hat 21. [5]) Lundbeck fand 18. 8. 38 den Wert 16. [6]) Lundbeck fand 18. 8. 38 den Wert 17. [7]) Lundbeck fand 8. 8. 38 den Wert 6,6. [8]) Lundbeck fand 18. 8. 38 den Wert 6,1. [9]) Nur eine Messung.

Sees wurden mit untersucht. Im allgemeinen wurden die Seen, die mehr boten, häufiger besucht als die weniger ergiebigen, um so den Gesamtbestand der Algenformen möglichst gleichmäßig zu erfassen. Insgesamt wurden 1482 Proben untersucht. Sie verteilen sich in folgender Weise auf die einzelnen Seen: Zwischenahner Meer 242 Proben (aus 11 Besuchen), Großes Sager Meer 242 Proben (davon 59 aus den sauren Zuflüssen, 16 Besuche), Kleines Sager Meer 151 Proben (davon 26 auf den sauren Gräben am Meer, 13 Besuche), Everser See 122 Proben (9 Besuche), Pastorensee 178 Proben (11 Besuche), Wollingster See 164 Proben (10 Besuche), Silbersee 130 Proben (10 Besuche), Großer Bullensee 151 Proben (10 Besuche), Kleiner Bullensee 102 Proben (10 Besuche).

Die Bestimmung des Materials geschah nach den im Schriftenverzeichnis aufgeführten Werken. Wenn irgend möglich, wurden die vorgefundenen Formen lebend untersucht, nur bei Zeitmangel auch in konserviertem Zustande. Die Kieselalgen wurden für die Bestimmung präpariert durch Behandlung mit Kaliumpermanganat, konzentrierter Schwefelsäure und Oxalsäure. — Da die Durchmusterung der einzelnen Proben im allgemeinen mehrere Stunden in Anspruch nahm, dauerte die Bearbeitung der Ausbeute eines Besuches oft bis zu vierzehn Tagen. Dabei konnten Veränderungen in der Artenzusammensetzung eintreten, die sich aber wohl immer als solche erkennen ließen (Vermehrung von *Chilomonas, Ankistrodesmus falcatus, Scenedesmus quadricauda* und *Sc. armatus).* Proben mit empfindlichen Formen (Chrysomonadinen, Chloromonadinen) wurden möglichst zuerst untersucht.

Eine wesentliche Schwierigkeit für die ökologische Auswertung der Ergebnisse bestand in dem Fehlen chemischer Analysen für die meisten Seen, bis die chemische Untersuchungsanstalt in Bremen die Bestimmung einiger der wichtigsten Stoffe übernahm. Die kurz vor dem Abschluß meiner Untersuchungen erschienene Arbeit von Lundbeck (1951) brachte weitere aufschlußreiche Daten. Da die Sager Meere von Ohle untersucht waren (1934) und vom Wollingster See und Silbersee Untersuchungen vom Institut für Meeresforschung in Bremerhaven vorlagen bzw. hinzukamen (Brockmann u. a. 1933, S. 9, sowie Höhnk und Bock 1954, S. 14), so liegen jetzt die in Tabelle 1 (S. 222 u. 223) zusammengefaßten Zahlen über unsere Seen vor. Die in den Arbeiten von Ohle und von Höhnk und Bock gemachten Angaben über das Tiefenwasser des Großen Sager Meeres bzw. des Silbersees sind aus Gründen der Raumersparnis nicht mit in die Tabelle übernommen. (Die letzteren befinden sich im Bd. 3:14 dieser Zeitschrift.) Ebenso sind mehrere nur für einzelne Seen vorhandene Daten über das Vorkommen anderer Stoffe fortgelassen.

Von den untersuchten Seen ist das Zwischenahner Meer ein von Wiesen und Ackerland umgebenes alkalisches Gewässer, das nach Lundbeck „dem Typus des eutrophen baltischen Sees ziemlich vollständig entspricht". Die übrigen Seen stellen Lundbecks Gruppe der „tiefen Heideseen" dar (1951,

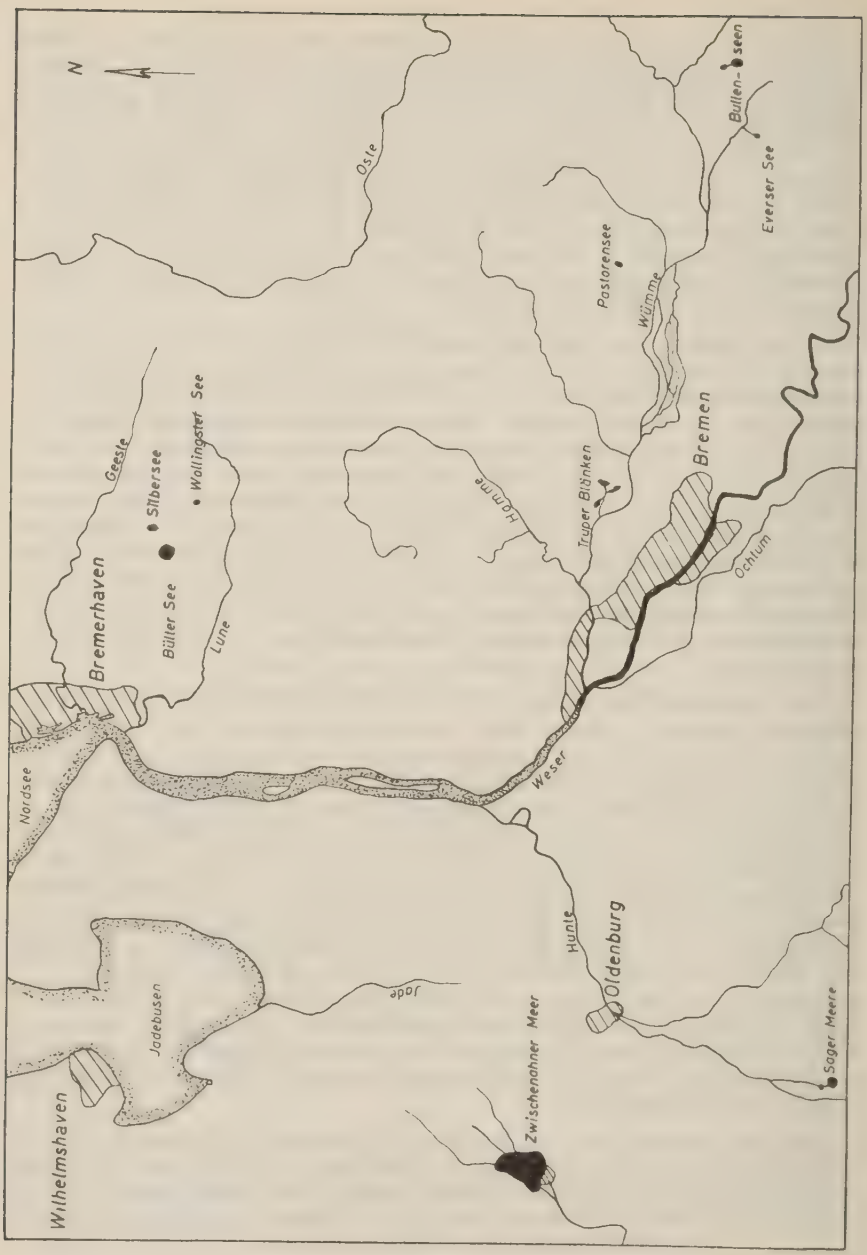

N
Osle
Bullen-seen
Everser See
Pastorensee
Wümme
Bremen
Ochtum
Truper Blänken
Hamme
Weser
Geeste
Silbersee
Wallingstedt See
Bremerhaven
Bülter See
Lune
Nordsee
Hunte
Oldenburg
Jade
Jadebusen
Wilhelmshaven
Zwischenahner Meer
Sager Meere

Abb. 1

S. 26, 28 u. 30). Sie bilden — einzeln oder paarweise — eine geschlossene Reihe mit steigender Azidität und fallendem Nährstoffgehalt. Dies wurde als Grundlage für die ökologische Auswertung benutzt, und die Seen sollen auch in dieser Reihenfolge behandelt werden.

Gemeinsam ist den Seen ihre geringe Wasserdurchströmung. Sie haben keine oder im Verhältnis zu ihrer Wassermenge nur unbedeutende Zu- und Abflüsse und sind daher in den Wasserverhältnissen recht konstant.

Über die Theorien betreffend die Entstehung der Seen vergleiche man die Arbeit von Lundbeck (1938).

2. *Die einzelnen Seen und ihre Besiedlung*

a) Das Zwischenahner Meer

Dieser See liegt 50 km westlich Bremen auf der Grenze zwischen der nordoldenburgischen Geest und dem südlich davon sich hinziehenden Hunte-Ledaer Urstromtal. Er ist umgeben von Niedermoorwiesen und Ackerland, steht also ziemlich stark unter dem Einfluß der Kultur. An einigen Stellen grenzt Wald an die Ufer. Mit seinen 526 ha ist er bei weitem der größte unserer Seen, hat aber nur eine Höchsttiefe von fünf Metern bei einer Durchschnittstiefe von drei Metern. Das Ufer ist fast überall sandig bis kiesig. Die schmale Uferbank fällt ziemlich steil ab auf drei bis vier Meter Tiefe. Der Seeboden besteht aus einer bis sechs Meter dicken Schicht eines sehr feinen, schwärzlichen, im wesentlichen organischen Schlammes, der mit Salzsäure Schwefelwasserstoff entwickelt und frei ist von autotrophen Lebewesen. (Der sehr weiche Schlamm hat oft Fehllotungen veranlaßt. So ist wohl auch das überall in die Literatur übernommene Meßergebnis Noltmanns (1928/29) zustandegekommen, der zehn Meter Tiefe angibt. Das mit Schlamm und Wasser angefüllte Becken ist so tief. Die endgültige Klärung brachte erst eine sorgfältige und umfangreiche Lotung im Winter 1928/29 vom Eise aus, die als Höchsttiefe [bei Niedrigwasser] 4,65 m ergab. Eine daraufhin veröffentlichte Karte nennt als tiefste Stelle — unvermittelt zwischen viel niedrigeren Lotungsergebnissen vom Eise aus — sieben Meter. Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. Sandstede ist dies die Messung eines Fischers. Eigene Lotungen an der betreffenden Stelle ergaben Werte, die zu denen der benachbarten Lotungen vom Eise passen. Danach muß man wohl fünf Meter als Höchsttiefe bei normalem Wasserstand annehmen.)

Im Norden und Osten münden mehrere kleine Bäche ins Meer. Im Süden sind Aue und Beeke die Abflüsse, die zur Ems entwässern. Von allen hat nur die Aue, soweit ich gesehen habe, stets fließendes Wasser. Die Schwankungen des Wasserspiegels zwischen dem Niedrigwasser im Winter und dem Frühjahrshochwasser können bis gegen 40 cm betragen, so daß das Zwischenahner Meer den relativ stärksten Wasserwechsel von unseren Seen hat.

Abb. 1 Übersichtskarte zur Lage der untersuchten Seen

Der Ort Zwischenahn am Südufer des Sees verursacht keine stärkere lokale Verschmutzung, trägt aber zusammen mit der Kulturlandschaft der Umgegend zur Eutrophierung des ganzen Sees bei. Das pH von 7—9 und der hohe Kalkgehalt von 41,7 mg/l zeigen, wie weit diese schon fortgeschritten ist.

Der See ist umgeben von einem Röhrichtgürtel aus *Phragmites communis*, dem etwas weniger *Scirpus lacustris* und *Typha angustifolia* beigesellt ist. Dieser Gürtel ist nur unterbrochen vor dem Orte Zwischenahn und auf einer Strecke im Nordosten, wo durch die Westwinde der Wellengang zu stark ist. Wasserrosen findet man nur im Nordwesten, im Naturschutzgebiet „Stamers Hoop", der einzigen Stelle, wo vielleicht eine gewisse Verlandung vor sich geht. Auch *Potamogeton* ist nur wenig vorhanden. *Fontinalis* und *Sphagnum* fehlen ganz. Wohl wegen der schmalen Uferbank ist der Röhrichtgürtel recht schmal, so daß der Schilfbestand wesentlich geringer ist als in den anderen eutrophen Seen Nordwestdeutschlands. Vielleicht kommt das der Algenflora zugute, die deutlich reicher entwickelt ist als etwa im Steinhuder Meer oder in den eutrophen Seen um Bremerhaven.

Mit dem Frühlingshochwasser im März beginnt eine reiche Entwicklung der Algenwelt. Vor allem unmittelbar beim Orte Zwischenahn, also wohl an der am meisten eutrophen Stelle des Sees, auf der Mole neben der Strandpromenade und auf den Steinen am Ufer fluten in der Wellenschlagszone lange Watten der dickfädigen *Ulothrix*arten *U. tenuissima, U. zonata* und (etwas weniger) *U. aequalis.* In etwas weniger bewegtem Wasser kommen *Stigeoclonium tenue* und *Draparnaldia plumosa* hinzu. An ruhigen Stellen auf den überschwemmten Wiesen herrschen *Tribonema viride, T. vulgare, T. aequale, Microspora Willeana* und die dünnfädigen *Ulothrix tenerrima* und *U. variabilis.* Die toten Schilfhalme im Wasser und in manchen Jahren auch andere Substrate sind mit einer dichten Kruste von Kieselalgen überzogen, vor allem *Cymbella prostrata, Diatoma vulgare, Synedra ulna, Gomphonema olivaceum* und *Fragilaria intermedia.*

Meist mit dem Fallen des Hochwassers im Mai verschwinden die dickfädigen *Ulothrix*arten, und dafür, aber in Höhe des neuen Wasserspiegels, beginnt die Entwicklung von *Cladophora glomerata* und *Cl. crispata,* denen sich vor allem auf den Kopfsteinen dicht unter dem Wasserspiegel *Chaetomorpha herbipolensis* zugesellt. Diese herrschen nun bis spät in den Herbst, aber in den verschiedenen Jahren mit stark wechselnder Häufigkeit. Beim Ort Zwischenahn selbst sind sie wohl stets fast gleich massenhaft vorhanden, im übrigen Litoral aber in ihrer Menge sehr schwankend. In einzelnen Jahren, so 1938 und 1949, waren rings um das Meer jeder Pfahl und jeder Stein am kiesigen Ufer von *Cladophora* besetzt. Im Herbst hingen ihre Watten stellenweise auch an lebenden Schilfhalmen, hier allerdings manchmal vertreten durch *Spirogyra fluviatilis.* In anderen Jahren dagegen, wie 1950, trugen nur Steine mit rauher Oberfläche (etwa Ziegelsteine) einen *Cladophora*bewuchs, diese allerdings in gleicher Üppigkeit wie im

vorhergehenden Jahre. — Mehr vereinzelt findet man im Sommer und Herbst Watten von *Oedogonium* und *Rhizoclonium hieroglyphicum,* während *Bulbochaete* im ganzen See kaum gesehen wurde. — Ein Algensterben im Hochsommer, von dem SAUER (1937) für die eutrophen Seen Holsteins berichtet, wurde nicht beobachtet. — Die Kieselalgen gehen während des Sommers zurück, um im Herbst eine zweite, aber meist geringere Blüte zu erleben.

Im ganzen ist die Mengenentwicklung der Litoralalgen wohl etwas geringer als in den baltischen eutrophen Seen.

Die wichtigsten *Epiphyten* auf den größeren Algen sind *Gomphonema olivaceum* (Häufigkeit 4—5), *Cocconeis pediculus* (4, vor allem auf *Cladophora* und *Chaetomorpha,* deren Fäden sich die Zellen von *Cocconeis* mit der Wölbung ihrer Schalen anpassen), *C. placentula* (3), *Rhoicosphenia curvata* (2—3), *Gomphosphaeria constrictum* (2—3), *Plectonema notatum* (2—3), *Lyngbya rigidula* (2), *L. Kützingii* (1—2), *Chamaesiphon incrustans var. angustus* (1—2), *Aphanochaete repens* (1—2), *Coleochaete scutata* (1). Sie entsprechen zum Teil den „höchst steten Begleitern" des *Cladophoretum glomeratae* SAUERS (1937), doch fehlen die *Epithemia*arten fast ganz, während die übrigen Arten (ebenso wie vor allem die von SAUER genannten nichtepiphytischen Begleiter dieser Assoziation) im Zwischenahner Meer nicht nur im *Cladophoretum glomeratae* im Sinne SAUERS vorkommen, sondern einen viel weiteren Lebensraum haben. (Siehe auch S. 297.)

Das Plankton des Zwischenahner Meeres zeichnet sich durch besondere Üppigkeit aus und kennzeichnet den See am meisten als eutroph. Fast bei jedem Besuch konnte man es mit bloßem Auge unter dem Wasserspiegel erkennen, und die geringe Sichttiefe des Sees ist wohl in erster Linie auf das reiche Plankton zurückzuführen. Zweimal im Jahre, meist im Juni und im September, kommt es zu einer ausgesprochenen Wasserblüte, die das erstemal von Kieselalgen, Blaualgen und Grünalgen und das zweitemal fast nur von Blaualgen gebildet wird. Außerdem findet man fast in jeder Jahreszeit auf der Wasseroberfläche im Röhricht oder noch häufiger zwischen Röhricht und Ufer verschieden dicke, malachitgrüne Überzüge von *Aphanizomenon flos-aquae* oder *Microcystis aeruginosa.* Die letztere beherrscht auch sonst das Plankton, während die typischen sägespanartigen Lager von *Aphanizomenon* im freien Wasser sich mehr vereinzelt fanden.

Bei der nun folgenden Aufzählung der wichtigsten Plankter des Sees sind — wie bei allen späteren Aufzählungen — die Formen, die in diesem See ihr Häufigkeitsmaximum erreichten, mit einem Ausrufungszeichen versehen. Formen, die nur in diesem See gefunden wurden, bekamen zwei Ausrufungszeichen, während ein +-Zeichen hinter der Häufigkeitsangabe die Algen bezeichnet, die bei mehr als 50 % aller Besuche des Sees dort festgestellt wurden. Die letztere Kennzeichnung wurde nur bei Planktonlisten angewendet. Sie war hier nötig, da im Plankton selbst Massenformen oft nur bei einem geringen Teil der Besuche gesehen wurden, so daß die

bloße Häufigkeitsangabe nichts über die Regelmäßigkeit des Vorkommens aussagt. — Die Häufigkeitsangaben sind in der bekannten Weise durch die Zahlen von 1 bis 5 nach steigender Häufigkeit ausgedrückt, wobei auch Zwischenzahlen verwendet wurden.

Microcystis aeruginosa!!	5	+
Coelosphaerium Naegelianum!	4—5	+
Aphanizomenon flos-aquae!!	3—4	+
Anabaena spiroides var. *crassa!!*	3—4	
Microcystis incerta!!	3	
Chroococcus limneticus!	3	+
Gomphosphaeria lacustris!!	3	+
Coelosphaerium Kützingianum!!	3	
Microcystis viridis!!	2—3	+
M. flos-aquae!	2—3	+
Anabaena macrospora var. *robusta*	2—3	
A. spiroides	1	
Synura uvella	1	
Tribonema ambiguum!!	1	
Ceratium hirundinella	1	
Eudorina elegans!	3	+
Pediastrum duplex!	3	+
P. Boryanum	2—3	+
Oocystis lacustris!!	2—3	
Dictyosphaerium pulchellum!	2—3	+
Scenedesmus armatus!	2—3	+
Oocystis crassa var. *Marssonii!*	2	
Tetraëdron limneticum!!	2	+
Scenedesmus quadricauda!	2	+
Selenastrum Bibraianum!	2	+
Coelastrum cambricum var. *intermedium*	1—2	
Micractinium pusillum!!	1	
Chodatella ciliata!!	1	
Botryococcus Braunii	1	
Coelastrum microporum	1	
Tetrastrum pulloideum!!	1	
T. staurogeniaeforme!!	1	
Closterium aciculare!!	2—3	+
Staurastrum paradoxum!	2—3	+
Closterium acerosum!	1—2	
Cl. polystictum var. *brevius!!*	1—2	
Staurastrum chaetoceras!!	1—2	
St. Manfeldtii!!	1	
Coscinodiscus Rothii var. *subsalsus!*	4	+
Melosira islandica!!	3	+
Stephanodiscus dubius!!	3	+
Asterionella formosa	3	
Melosira Binderana!!	2—3	
Coscinodiscus lacustris!!	2—3	+
Stephanodiscus astraea!!	2	
Cyclotella Meneghiniana!	2	
Synedra ulna!	2	+
Stephanodiscus tenuis!!	1—2	

Als Epiplankter ist die in den nordeuropäischen Seen häufige *Characiopsis curvata* auf verschiedenen *Chroococcales* nicht selten, während *Phormidium mucicola* in ähnlicher Häufigkeit nur auf *Microcystis flos-aquae* gefunden wird.

Im Gegensatz zu den übrigen untersuchten Seen sind hier wenigstens die häufigeren unter den Planktern so konstant in ihrem Auftreten, daß sie — wenn auch manchmal in sehr verschiedener Häufigkeit — fast bei jedem Besuch gefunden wurden. 22 von den aufgezählten 48 Arten fanden sich in mehr als der Hälfte aller Besuche. Allerdings leben wohl fast alle Plankter zeitweise nicht im Plankton, sondern im Litoral. (Siehe auch S. 285.) — Stärkere Schwankungen im Vorkommen zeigte vor allem *Anabaena spiroides var. crassa,* die im Juli 1938 massenhaft gefunden wurde, im September des gleichen Jahres und im Mai, Juni und August des folgenden Jahres gar nicht, dann in den Besuchen nach dem Kriege wieder mehrfach in geringerer Häufigkeit. Ähnliche Schwankungen, aber geringeren Umfanges, hatten *Coelosphaerium Naegelianum* und *Eudorina elegans.*

Nicht nur durch die Fülle der Blaualgen, sondern auch durch das Auftreten einer Reihe mehr vereinzelt vorkommender Grünalgen *(Micractinium pusillum, Chodatella ciliata, Tetrastrum pulloideum, T. staurogeniaeforme, Staurastrum chaetoceras, St. Manfeldtii)* entfernt sich das Plankton des Zwischenahner Meeres von dem der übrigen hier beschriebenen Seen und nähert sich dem des Dümmers, des Steinhuder Meeres und der eutrophen Seen um Bremerhaven, deren Untersuchung zur Zeit noch nicht abgeschlossen ist. Den Reichtum an Scenedesmen, der das Plankton dieser Seen auszeichnet, sucht man allerdings im Zwischenahner Meer vergeblich. Auch das Kieselalgenplankton zeigt zwar stark eutrophe Züge und steht innerhalb unserer Seen dadurch ziemlich isoliert da, entspricht aber nicht ganz dem der baltischen eutrophen Seen. Vor allem wurde *Melosira granulata* nicht gefunden.

Da das Plankton des Zwischenahner Meeres durch Lemmermann von Juni 1897 bis Mai 1898 monatlich untersucht wurde (Lemmermann 1900), ließ sich seine Entwicklung seit dieser Zeit feststellen. Von den damals vorhandenen häufigeren Formen sind nicht wiedergefunden: *Pediastrum clathratum* in allen seinen Varietäten, *P. angulosum var. araneosum, Fragilaria crotonensis, Microcystis elabens var. ichtyoblabe,* deutlich abgenommen haben *Coelosphaerium Kützingianum, Aphanizomenon flos-aquae* und *Surirella robusta var. splendida.*

Eine ganze Reihe von Arten ist neu aufgetreten, so vor allem das jetzt mit herrschende *Coelosphaerium Naegelianum,* weiter *Coscinodiscus Rothii var. subsalsus, Microcystis incerta, Eudorina elegans, Asterionella formosa, Melosira Binderana, Coscinodiscus lacustris, Scenedesmus armatus, Closterium aciculare, Selenastrum Bibraianum* und zahlreiche andere Formen geringerer Häufigkeit, darunter vor allem auch sämtliche vorhin genannten eutraphenten Grünalgen. Zugenommen haben *Microcystis aeruginosa* und *Melosira varians.* Andere Unterschiede in den Befunden, vor allem auch bei den *Melosiraarten,* möchten auf verschiedener systematischer Auffassung beruhen.

Bei *Microcystis aeruginosa, Coscinodiscus Rothii var. subsalsus* und *Asterionella formosa* hält die Zunahme der Häufigkeit auch während der jetzigen Untersuchungszeit wohl an, während die *Melosira*arten zur Zeit vielleicht etwas abnehmen und das vor dem Kriege neu aufgetretene *Selenastrum Bibraianum* nachher nicht wiedergesehen wurde.

Die Ursachen dieser Entwicklung lassen sich im einzelnen nicht verfolgen, zumal aus der Zeit Lemmermanns keine Analysen des Seewassers vorliegen, doch scheint im ganzen eine Anpassung an zunehmende Eutrophierung vor sich zu gehen, da vor allem die neu aufgetretenen Arten meist ausgesprochen eutraphent sind.

Unterwasserwiesen oder andere Tiefenbiocoenosen autotropher Pflanzen gibt es im Zwischenahner Meer nicht, was bei der geringen Sichttiefe des Wassers verständlich ist. Nur vereinzelt sind an flachen Stellen

Steine auf dem Boden überzogen mit *Pseudochantransia chalybea.* Auch autotrophe Mikrophyten, die den Boden besiedeln, findet man nicht.

Einige Stellen des Ufergürtels neigen zur Verschmutzung. Die schon genannten Massen von *Aphanizomenon flos-aquae* und *Microcystis aeruginosa* in den schmalen Wasserstreifen zwischen Röhricht und Ufer sterben ab, wenn sie sich zu sehr anhäufen, und bilden — im Herbst zusammen mit dem faulenden Laub der Uferbepflanzung — vorübergehend saprobe Stellen, wo keine autotrophen Pflanzen leben können und wo das pH unter Einwirkung der Bakterien um ein bis zwei Einheiten — einmal z. B. von neun im freien Wasser auf sieben — zurückgehen kann.

An einigen entsprechenden Stellen im Südwesten des Sees beginnt Faulschlammbildung. Hier können der Boden und alle Gegenstände unter Wasser bedeckt sein mit mehreren Quadratmeter großen Blaualgenwatten, in denen *Oscillatoria chlorina, O. tenuis* und *O. sancta* zusammen mit *Spirulina Jenneri* herrschen und daneben etwas weniger häufig *Oscillatoria amphibia, Achromatium oxaliferum* und *Beggiatoa alba* sich finden. Diese Watten sind ihrerseits — wie auch der Boden der weiteren Umgebung — manchmal bedeckt mit einer mehrere Millimeter dicken Schicht von abgesunkenen Planktern, vor allem *Microcystis aeruginosa,* die anscheinend in diesem verschmutzten Wasser ihre Schwebefähigkeit verlieren. *Scenedesmus armatus* und *Sc. quadricauda* vermehren sich hier stark.

Bootsschneisen im Röhricht und ähnliche, etwas weniger verschmutzte Stellen haben *Microcoleus lacustris, Lyngbya Allorgei* fa. *crassior* und *Merismopedia elegans,* die hier in einer Form mit mehr oder weniger unregelmäßig in der Tafelebene angeordneten Zellen auftritt. Auf Holz und an Steinmolen wächst *Lyngbya aerugineo-coerulea.*

Als letztes müssen wir noch das Metaphyton besprechen. Unter diesem Begriff fasse ich die meist einzelligen oder kolonialen Kleinformen zusammen, die, ohne frei zu schweben und ohne festgewachsen zu sein, in den Watten der größeren Algen, zwischen den Blättern der Moose und der Phanerogamen usw. kriechend oder nur passiv beweglich sich umhertreiben und die, wenn sie auch nur selten als Massenproduzenten auftreten, doch für die Kennzeichnung des Zustandes ihres Wohngewässers von hervorragender Bedeutung sind. Zu ihm zählt vor allem die Hauptmenge der Desmidiaceen und der Protococcales, dann aber gehören auch zahlreiche Kieselalgen und Flagellaten dahin und manche Vertreter anderer Gruppen. Die eingehende Besprechung des neuen Begriffes wird im allgemeinen Teil geschehen (siehe S. 286 ff.). — Das Metaphyton des Zwischenahner Meeres wird vor allem von Kieselalgen und Protococcales, in geringerer Zahl auch von Desmidiaceen gebildet. Da Moose und Unterwasserphanerogamen so gut wie ganz hier fehlen, so lebt es in diesem See fast nur in den Watten größerer Algen, ist aber trotzdem ziemlich reich entwickelt. Seine Zusammensetzung hielt sich während der ganzen Untersuchungszeit überraschend konstant. Nur eine Art, *Kirchneriella obesa,* wurde nach der zehnjährigen

Untersuchungspause nicht wiedergefunden, während sie vorher mit Häufigkeit 2 vorhanden war. Sonst läßt sich von keiner Art mit Sicherheit sagen, daß ihre Häufigkeit zu- oder abgenommen hat. Gefundene Unterschiede im Vorkommen betreffen stets Formen geringer Häufigkeit, bei denen die Aussagen unsicher sind. Wenn man diese Ergebnisse mit denen der übrigen Seen vergleicht, bei denen wir zum Teil eine starke Entwicklung der Besiedlung feststellen werden, so müssen wir annehmen, daß sich die ökologischen Verhältnisse des Zwischenahner Meeres während der Untersuchungszeit kaum geändert haben. Allerdings waren einzelne Teile des Seeufers als militärische Anlagen vor dem Kriege nicht zugänglich, so daß gerade die verschmutzten Stellen im Südwesten erst nach dem Kriege untersucht werden konnten. Hier möchten sich die Blaualgen in der Zwischenzeit vermehrt haben. Aber im ganzen kann die Eutrophierung, die durch den Vergleich des Planktons für die letzten fünfzig Jahre festgestellt wurde, während der Untersuchungszeit selbst sicher nur sehr wenig fortgeschritten sein. Das entspricht auch der Tatsache, daß das pH und die Sichttiefe vor und nach dem Kriege die gleichen Werte zeigten.

Wie in allen Listen, sind bei der nun folgenden Aufzählung der Vertreter des Metaphytons Formen geringer Häufigkeit meist fortgelassen. Ein +v hinter der Artbezeichnung bedeutet, daß außer dem Arttypus noch Varietäten der Art gefunden wurden.

Merismopedia elegans!	2—3	*Tetraëdron minimum!*	1
Spirulina Jenneri!	2	*T. trigonum!!*	1
Oscillatoria splendida	2	*Closterium moniliferum!*	3
Achromatium oxaliferum	2	*Cl. acerosum!!*	2—3
Anthophysa vegetans	2	*Cosmarium granatum!!*	2—3
Chilomonas Paramaecium	2	*C. formosulum!*	2
Cryptomonas ovata	1—2	*C. vexatum!!*	2
Trachelomonas volvocina	2—3	*Closterium parvulum*	2
Tr. oblonga!	2—3	*Cosmarium biretum!!*	1—2
Euglena sociabilis!!	2	*C. botrytis*	1—2
Trachelomonas hispida!	2	*C. didymoprotupsum!!*	1—2
Euglena spirogyra!	1—2	*C. subcrenatum*	1—2
Trachelomonas intermedia!	1—2	*Staurastrum lapponicum!*	1—2
Pediastrum Boryanum!	3	*St. punctulatum*	1—2
P. duplex!	3	*Gonatozygon Kinahani*	1—2
Scenedesmus quadricauda!	3	*Synedra ulna!*	4—5
Sc. armatus!	2—3	*Navicula gracilis!*	4—5
Sc. ecornis +v!	2—3	*Cymbella ventricosa!*	4
Oocystis lacustris!!	2—3	*C. prostrata!*	4
O. crassa var. *Marssonii!!*	2	*Fragilaria capucina* +v!	3
Pediastrum tetras	2	*Synedra pulchella!!*	2—3
Kirchneriella obesa!	2	*Navicula cryptocephala!*	2—3
Coelastrum microporum	2	*N. cryptocephala* var. *exilis!*	2—3
C. cambricum var.		*Cymbella cistula!*	2—3
intermedium!!	2	*Nitzschia dissipata!*	2—3
Ankistrodesmus falcatus	2	*Surirella angustata!*	2—3
A. falcatus var. *acicularis*	2	*S. ovata!*	2—3
Scenedesmus crassus!	1—2	*Achnanthes lanceolata* +v	2—3
Sc. dimorphus!	1—2	*Opephora Martyi!!*	2

Navicula anglica!!	2	*N. radiosa*	1—2
N. rostellata!!	2	*Hantzschia amphioxys*	1—2
N. viridula +v!!	2	*Nitzschia angustata!!*	1—2
Amphora ovalis +v!	2	*Gomphonema intricatum!*	1—2
Nitzschia palea	2	*G. angustatum* var. *productum*	1—2
Synedra acus!!	1—2	*Caloneis amphisbaena!*	1
S. affinis!!	1—2	*Navicula integra!*	1
Eunotia lunaris	1—2	*N. scutelloides!!*	1
Navicula hungarica var. *capitata!!*	1—2	*Cymbella aspera!*	1
N. menisculus!!	1—2	*Cymatopleura solea!!*	1

b) Die Sager Meere

(Abb. 3 auf S. 247)

Dieses eng zusammengehörende Seenpaar liegt 25 km südlich des Zwischenahner Meeres am Südrande des gleichen Urstromtales, an dessen Nordrande wir das Zwischenahner Meer fanden. Unmittelbar am Süd- und Ostufer des Großen Meeres zieht sich ein Steilhang der hohen Geest hin, die dieses Urstromtal im Süden begrenzt.

Das Große Sager Meer mit einer Tiefe von 26 Metern (von Schütte gemessen) ist der tiefste See Nordwestdeutschlands. Um einen Überblick über die Form des Beckens zu bekommen, haben Herr Dr. Höhnk und ich das Meer an Hand von durch den See gespannten Drähten vom Boot aus vermessen. Die Abbildung des Sees gibt die Lage der Drähte an und die Tiefenlinien, die nach den 20 Meter voneinander entfernten Lotungspunkten gezogen wurden. Der Hauptteil des Sees ist nur wenige Meter tief. Die tiefste Stelle — wir haben trotz Suchens nur 23,1 m gemessen — liegt gegenüber dem Steilhang im Südosten des Meeres. — Die Fläche des Kleinen Meeres beträgt nur etwa ein Achtel von der des Großen. Dafür ist seine Tiefe von 10,5 m, die auch wir gemessen haben, recht beträchtlich. — Beide Meere haben nur je einen sehr unbedeutenden natürlichen Zufluß aus dem benachbarten Hochmoor bzw. vom Geesthang. Vom Großen Meer führt ein 75 m langer künstlicher Abflußgraben zum Kleinen, das seinerseits durch einen Kanal über die Lethe und Hunte zur Weser entwässert. Beide Abflüsse haben fast das ganze Jahr fließendes Wasser. Die Schwankungen des Wasserspiegels in den Meeren sind unwesentlich und machen sich am Ufer kaum bemerkbar.

Beide Seen sind von verheidetem und teilweise vergrastem Hochmoor umgeben, in dem Torf gestochen wird. Im Süden des Großen Meeres gehen aber Viehweiden bis an den Geesthang, und im Osten davon finden wir weiter zurück Ackerland. Zwischen den beiden Meeren ist ein künstlich angepflanztes Wäldchen mit Birken, Faulbaum und Fichten.

Der Boden beider Seen besteht an den flacheren Stellen aus Fasertorf, in der Tiefe aus organischem Schlamm. Nur vor der Mündung des Zuflusses im Nordosten des Großen Meeres liegt weißer Sand frei. Im ganzen ist das Kleine Meer etwas stärker vermoort als das Große. Das zeigen auch

die Wasser- und die Seenfarbe sowie der größere Gehalt an oxydierbarer Substanz und die geringere Sichttiefe. Im pH sind aber keine wesentlichen Unterschiede.

Beide Seen dringen in der Hauptwindrichtung nach Nordosten langsam ins Land vor. Vor allem das Kleine Meer hat hier zerklüftetes Steilufer, während die gefährdeten Teile des Großen Meeres längere Zeit durch künstliches Holzgeflecht geschützt waren und daher weniger zerrissen sind. Das Kleine Meer hat im Nordwesten ein Röhrichtgelege und dahinter eine flache Verlandungszone, im Großen Meer ist das Nord- und Westufer Steilufer und frei von Schilf, aber im Windschatten des Steilhanges im Süden und Osten befindet sich ein ziemlich breiter Röhrichtgürtel aus *Phragmites* mit wenig *Scirpus lacustris* und *Typha angustifolia.* Im Osten ist dahinter ein Seggenverlandungsgebiet. An den windgeschützten Teilen beider Seen finden sich seewärts vom Röhrichtgürtel See- und Teichrosen und *Potamogeton*arten *(P. polygonifolius, P. Zizii, P. natans, P. gramineus),* hier und da auch *Heleocharis palustris.* Unter Wasser hat vor allem das Große Meer reiche Wiesen von *Myriophyllum alterniflorum,* beim Ufer auch *Fontinalis Kindbergii,* das dem Kleinen Meer aber fehlt. An einigen Stellen im Osten und Norden des Großen Meeres wächst *Lobelia Dortmanna.* (Darum kann man es aber nicht zu den Lobeliassen zählen. Schon *Isoëtes* und *Litorella* fehlen, und die übrigen Verhältnisse sind ganz anders als bei diesen.) Die von Tüxen 1927 hier gefundenen *Chara delicatula, Nitella translucens, N. gracilis* und *N. flexilis* habe ich nicht mehr gesehen. Das Ufer beider Seen zeigt die typische Flora verheideter Hochmoore. *Myrica gale* wächst an beiden Seen. Für das Kleine Meer wäre als Besonderheit *Calla palustris* zu nennen und ein Bestand von *Cladium mariscus,* der sich am Südwestufer hält.

Torfmoos findet sich im Großen Meer nur in einigen kleinen Uferbuchten, während es in der Verlandungszone im Schilf des Kleinen Meeres in breiter Front gegen das freie Wasser vordringt.

Sehr auffällig sind die Aziditätsverhältnisse der Sager Meere. Während die beiden natürlichen Zuflüsse und eine große Zahl von künstlichen Entwässerungsgräben, die vor allem vom Geesthang ins Große Meer kommen, entsprechend ihrer Umgebung stets saures Wasser mit einem pH von 4,1 bis 6,0 führen, war das Wasser beider Meere zu Beginn der Untersuchungen alkalisch, das pH sank dann aber allmählich ab. Ohle maß 1931 im Großen Meer 7,2, ich selbst fand 1935 und 1936 in zahlreichen Messungen stets Werte zwischen 7,0 und 7,7 (im Kleinen Meer 7,1 bis 7,5). Im Juli 1936 bekam ich zum ersten Male 6,7 (6,5), dann Januar 1937 6,5. Lundbeck erhielt 1938 6,6. 1949 fand ich 5,5 bis 6,9 (6,5) und 1950/1953 stets Werte zwischen 6,0 und 6,5 (6,0 bis 6,7). Die letzte Messung im Oktober 1953 zeigte in beiden Meeren 6,0. Die Ursache dieses merkwürdigen Verhaltens kann darin liegen, daß durch die erst in den letzten Jahrzehnten geschaffenen künstlichen Zuflußgräben der Zufluß an saurem Wasser für die Meere stark vermehrt wurde.

Der eutrophierende Einfluß der Kultur auf die Sager Meere ist nur gering. Düngung von Kulturland aus möchte sich beim Großen Meer etwas bemerkbar machen. Ein unbedeutender Sonntagsausflugsverkehr hat nach dem Kriege eingesetzt, aber die ungünstige Verkehrslage der Meere hindert ein zu starkes Anwachsen.

Die Algenflora steht mengenmäßig hinter der des Zwischenahner Meeres zurück, ist aber kräftiger entwickelt als an den anderen untersuchten Seen. Die Artenzahl ist (mit 396 Arten im Großen und 384 im Kleinen Meer) die größte gefundene.

Die beiden Kieselalgenblüten des Jahres werden gebildet von *Tabellaria fenestrata, T. flocculosa, Fragilaria constricta, Eunotia monodon, Eu. pectinalis* und den verschiedenen Varietäten dieser Arten.

Die makroskopischen Algen bieten ein ganz anderes Bild als im Zwischenahner Meer. *Cladophora* und die dickfädigen *Ulothrix*arten sind nicht vorhanden. Damit fehlt der Algengürtel der Wellenschlagzone: die Ufer des Kleinen Meeres und das Steilufer im Norden und Westen des Großen sind frei von makrophytischen Algen. Im Windschatten unter dem Steilhang des Süd- und Ostufers im Großen Meer, wohin sich auch die Wasserrosen- und die Schilfzone verlagert haben, finden wir aber um so mehr davon. Allerdings sind es in der Hauptmenge keine festsitzende Formen, sondern solche, die sonst in kleineren Gewässern mit geringerer Wasserbewegung an der Oberfläche treiben: *Spirogyra* und *Zygnema sp., Microspora Loefgreni* (einschließlich *var. suecica), M. pachyderma, M. Willeana, M. tumidula.* Eine geringere Rolle spielen *Draparnaldia glomerata* und *Stigeoclonium tenue.* Etwas später im Jahre kommen *Oedogonium*-Arten hinzu: *Oe. undulatum, intermedium, excisum.* Diese Watten überziehen alle Gegenstände unter Wasser, sie können an den flachsten Stellen in großen Flächen auf dem Boden liegen, an der Oberfläche sich halten oder auch in lockeren Watten die ganze Wasserschicht durchsetzen. Selbst im Röhricht sind sie an lichten Stellen ausgebreitet, und manchmal sind auch die lebenden Schilfhalme von ihnen behängt. Hier kommen dann die Büschel von *Bulbochaete setigera, B. crassiuscule* und *B. tenuis,* die Krusten von *Coleochaete scutata* und *C. soluta* sowie die Polster von *C. pulvinata* hinzu. Mehr in der zweiten Hälfte des Jahres erscheinen dann typische Blaualgen, die vor allem auf einer Anzahl von dicht unter dem Wasserspiegel befindlichen Baumstümpfen im Südosten des Meeres Zeit für ihre langsame Entwicklung finden und auf diesen stellenweise herrschen: *Tolypothrix tenuis, T. distorta, Hapalosiphon fontinalis, H. hibernicus, Lyngbya Allorgei fa. crassior, L. aerugineo-coerulea, Scytonema coactile fa. minus, Calothrix Castellii, C. Braunii, Pleurocapsa* (?) sp.

Im schwach sauren Seggenverlandungsgebiet im Osten verschwinden diese Blaualgen schnell, während ein Teil der Grünalgen sich besser hält und *Ulothrix subtilissima* und *U. tenerrima* neu hinzukommen.

Eigentliche Unterwasserwiesen von Algen fehlen in den Sager Meeren. Doch beherbergen vor allem die schon genannten *Myriophyllum*-Wiesen ein reiches Periphyton und Metaphyton. Außerdem bieten die in das Wasser hineinragenden Fasern des Torfes, der den Seeboden bildet, manchen Aufwuchsformen Gelegenheit, makroskopische Flocken und Lager zu bilden, die in den einzelnen Jahren in sehr verschieden starker Ausbildung den Boden bedecken oder auch ganz fehlen können. Die häufigsten Arten sind hier *Tolypothrix tenuis, T. lanata, Hapalosiphon hibernicus, Lyngbya sp., Schizochlamys gelatinosa* und *Chamaesiphon incrustans var. angustus,* von denen die beiden letzten allerdings nach dem Kriege nicht wieder gesehen wurden. Vor allem *Hapalosiphon* scheint dabei deutlich die schattigeren Stellen am bewaldeten Ufer zu bevorzugen.

Als Epiphyten auf den größeren Formen finden sich außer dem schon genannten *Chamaesiphon incrustans var. angustus* vor allem *Lyngbya Kützingii, Dinobryon utriculus, Chaetosphaeridium Pringsheimii fa. conferta, Aphanochaete repens.*

Das Kleine Meer zeigt im wesentlichen den gleichen Bodenbewuchs wie das Große, aber wohl wegen seiner stärkeren Windexposition geringere Mengen der genannten größeren Grünalgen. Dafür findet man in flacheren, relativ windgeschützen Buchten vor dem Steilufer stets einige größere, einige Male mehr als 100 qm große Watten von *Desmidium cylindricum.* Diese Watten liegen stets in 30 bis 50 cm tiefem Wasser auf dem Boden oder im freien Wasser, niemals an der Oberfläche, oft an solchen Stellen, wo auf dem Boden Laub in Zersetzung übergeht. Man erkennt sie mit bloßem Auge an ihren etwas starren, dicken Fäden und an der gelblichgrünen Farbe. Sie wechseln häufig ihren Ort. Junge Watten oder junge Teile älterer Watten sind meist sehr rein, ältere enthalten ein sehr reiches Metaphyton von großen *Euastrum-, Micrasterias-* und *Closterium*arten, an den schwach saproben Stellen auch von *Phacus, Trachelomonas* und farblosen Eugleninen. Sie bilden die beste Fundgrube für seltene und schöne Arten. — In den übrigen Watten fallen *Hyalotheca mucosa* und *Oedogonium undulatum* durch ihre Häufigkeit auf. Sonst bestehen keine wesentlichen Unterschiede gegenüber dem Großen Meer.

Besonderes Interesse erweckte ein zweiter Verbindungsgraben zwischen beiden Meeren, der stellenweise mit *Utricularia* und Algenwatten verwachsen war und allmählich verlandete. Er hatte stehendes, aber mehr saures Wasser als die Seen selbst (pH 4,5—6). An seinem Ausgang zum Großen Meer trug auch er mehrere Jahre hindurch eine größere *Desmidium*-watte, die hier aus *Desmidium Swartzii* gebildet wurde, aber ein ähnliches Metaphyton hatte wie die *Desmidium-cylindricum*-Watte des Kleinen Meeres. Stellenweise war der Graben bedeckt mit mehrere Zentimeter dicken Flöckchen, die nur aus großen Micrasterien, Euastren und Closterien gebildet wurden. Die Flora des Grabens bestand zum großen Teil aus Formen, die nur hier vorkamen *(Chromulina Rosanoffii, Phacus oscillans, Chlamy-*

domonas bicoeca, Scourfieldia complanata, Distigma proteus, Tropidoscyphus falcatus, Arthrodesmus incus var. indentatus) oder doch in den Seen nur als Fremdlinge von den sauren Zuflußgräben her eingeschleppt waren. Die Gattung *Closterium* war mit mehr als zwanzig Arten in zum Teil großer Individuenzahl vertreten, dagegen fehlte *Cosmarium* ganz und *Staurastrum* fast ganz. Als mit zunehmender Verlandung der Graben seine Individualität verlor und sich in den ökologischen Verhältnissen den Seen anpaßte, was am Steigen des pH verfolgt werden konnte, erschienen bei pH 5 *Cosmarium humile* und *Arthrodesmus octocornis,* bei pH 6 kamen hinzu *Cosmarium formosulum, C. Botrytis, C. punctulatum, C. ornatum* und *C. margaritiferum,* während eine Reihe an saure Habitate angepaßte Closterien bei pH 6 verschwanden, so *Closterium lunula, Cl. cornu, Cl. pronum, Cl. setaceum, Cl. Archerianum,* ebenso *Arthrodesmus incus* und *Staurastrum punctulatum.* Ein Teil der hier verschwindenden Formen tritt in dem saurer werdenden Wasser der Seen selbst nach dem Kriege wieder auf.

Weiter entfernt sich von der Algenbesiedlung des Sees die Flora der schnell fließenden, stärker sauren (pH 4,1—4,5—6,0), niedriger temperierten Zuflußgräben des Großen Meeres. Die meisten dieser Gräben enthalten größere Mengen an Eisenhydroxyd mit zahlreichen Eisenbakterien *(Leptothrix ochracea, Gallionella ferruginea).* Ihre manchmal recht reichen Algenwatten bestanden meist aus nicht festhaftenden Arten, die sich in den schmalen Gräben trotz der Strömung halten konnten. Die Hauptmenge bildete neben *Spirogyra sp. Microspora Loefgreni, M. pachyderma, M. stagnorum, M. tumidula,* die auch im Großen Meer selbst sich bei dem niedriger werdenden pH nach dem Kriege stärker ausbreiteten. Von den festhaftenden Formen waren *Stigeoclonium tenue* und *Tetraspora lubrica* recht häufig, die letztere wurde fast nur hier gefunden. Auch *Chaetophora elegans* hat hier ihr Hauptverbreitungsgebiet. Die häufigste Blaualge ist *Cylindrospermum stagnale.*

Überraschenderweise hält sich trotz der starken Strömung ein ziemlich reiches Metaphyton in den Watten, das aber — im Gegensatz zu dem der Seen — von Graben zu Graben und von Besuch zu Besuch stärker wechselt. Nur in den Gräben fanden sich *Closterium rostratum, Cosmarium inconspicuum, Staurastrum alternans, Chlorobotrys polychloris* und *Ophiocytium parvulum,* die beiden letzten vereinzelt, die drei ersten auch in den verschiedenen Gräben immer wieder und in größerer Häufigkeit, so daß man sie als typisch für dieses Habitat bezeichnen könnte. — In den Gräben wesentlich häufiger als im eigentlichen See sind *Trachelomonas oblonga, Eremosphaera viridis, Micrasterias rotata, M. Thomasiana* var. *notata, Staurastrum punctulatum, Euastrum insulare, Closterium lunula, Cl. costatum, Staurastrum margaritaceum, St. hirsutum* und *Closterium striolatum,* die sich zum Teil im See wieder erst bei sinkendem pH allmählich ausbreiten.

Während die Litoralalgen der Sager Meere mengenmäßig denen des Zwischenahner Meeres wohl etwa gleichkommen, ist das P l a n k t o n viel

schwächer entwickelt als bei diesem. Die folgende Liste bringt seine wichtigsten Formen, wobei die erste Zahl die Häufigkeit im Großen und die zweite Zahl die im Kleinen Meer angibt. Die Indizes haben die gleiche Bedeutung wie beim Zwischenahner Meer (siehe S. 229).

Anabaena flos-aquae	3		3	
A. Scheremetievi!	0		3	+
Coelosphaerium Naegelianum	2		2—3	
Sphaeroeca volvox!!	0		1—2	
Mallomonas caudata!	2—3		2	
Dinobryon divergens	3		2—3	
Synura uvella	2		2	
Mallomonas acaroides!!	1—2		1—2	
Uroglena volvox!	1—2		1—2	
Gonyostomum semen!	3	+	3	+
Peridinium cinctum!	2		2	
P. sp. sp.	2		2	
Gymnodinium uberrimum!!	1—2		1—2	
Ceratium hirundinella	+		1—2	
Eudorina elegans!	2		3	+
Dictyosphaerium pulchellum	3	+	2—3	+
Botryococcus Braunii	2—3	+	1—2	
Ankistrodemus falcatus var. *mirabilis*	1		1—2	
Gonium pectorale	1		1	
Pediastrum duplex	1		1	
Quadrigula closterioides	1		1	
Sphaerozosma granulatum	1		1	
Closterium lineatum var. *gracile!!*	1			
Asterionella formosa!	4	+	3	+
Melosira ambigua!	3—4	+	4	+
Tabellaria fenestrata	3	+	3	+
T. flocculosa!	2—3		2—3	
Rhizosolenia longiseta!!	2		2	

Das Plankton im ganzen ist also ein ausgesprochenes Mischplankton, unter Überwiegen der Kieselalgen, während die Desmidiaceen, die im Metaphyton sehr zahlreich sind, fast ganz fehlen. Eigentliche Massenformen sind nicht vorhanden, eine Wasserblüte sah ich niemals. Das zeitliche Auftreten der einzelnen Arten schwankt viel mehr als im Zwischenahner Meer. Nur 6 von 26 Arten wurden im Großen Meer in mehr als der Hälfte aller Besuche gefunden und 7 von 27 im Kleinen Meer (gegenüber 22 von 48 im Zwischenahner Meer).

Nur in wenigen Fällen sind deutliche Unterschiede zwischen den beiden Meeren festzustellen: *Anabaena Scheremetievi* gehörte im Kleinen Meer vor dem Kriege zu den häufigsten Planktern und fehlte im Großen ganz. Nach dem Kriege war es auch im Kleinen seltener geworden, im Großen fanden sich einige Fäden im Litoral. Auch *Eudorina elegans* ist im Kleinen Meer häufiger, während *Botryococcus Braunii* das Große Meer bevorzugt.

Anabaena flos-aquae gehörte vor dem Kriege in beiden Seen zu den häufigsten Planktern, ist nachher aber nicht wiedergefunden worden, während

Coelosphaerium Naegelianum vorher nur in einzelnen Exemplaren gefunden wurde und sich nachher — wie auch im Zwischenahner Meer — stark vermehrte. Die *Mallomonas*arten haben während der Untersuchungspause abgenommen. — Zum Teil werden diese Veränderungen der Flora mit dem Absinken des pH-Wertes in den beiden Seen zusammenhängen, doch läßt sich das hier — im Gegensatz zum Metaphyton — nicht im einzelnen nachweisen, da das Plankton der in der Beschreibung folgenden saureren Seen zu wenig kennzeichnend ist.

Das Metaphyton ist in den *Myriophyllum*wiesen, *den Fontinalis*beständen und zwischen den Watten der größeren Algen sehr reich entwickelt. Es fällt vor allem auf, daß dabei Kieselalgen und Desmidiaceen gleichermaßen zahlreich vertreten sind. Sie bilden bei weitem die Hauptmenge des Metaphytons. Die Gesamtzahl der gefundenen Diatomeenarten, für jeden See 88, wird nur vom Zwischenahner Meer mit 119 Arten übertroffen, die Desmidiaceen sind mit 117 Arten im Großen und 106 Arten im Kleinen Meer hier am reichsten entwickelt. In der Regel nimmt die Formenfülle der Kieselalgen zu mit steigendem pH und zunehmendem Karbonat- und Chloridgehalt des Gewässers (Hustedt 1950, S. 424), ist also in alkalischen, kalkreichen Gewässern am höchsten, während die Hauptmenge der Desmidiaceen kalkarme, schwach saure Gewässer bevorzugt, so daß man die beiden Algengruppen im allgemeinen nicht zusammen in größerer Artenzahl vorfindet. Da in unserem Falle die beiden Faktoren aber nicht parallel gehen, sondern ein sehr kalkarmes Wasser mit hohem pH vorliegt, ist die Ausnahme verständlich. Zugleich zeigt sich dabei (was auch Hustedt andeutet), daß für eine reiche Entwicklung der Kieselalgen das hohe pH wichtiger ist als die Menge der Chloride und Karbonate, denn die Sager Meere sind an beiden sehr arm. Anderseits ist für ein reiches Auftreten der Desmidiaceen das relative Fehlen des Kalziumions offenbar eben so wichtig wie ein günstiger Säuregrad. Die Ergebnisse der anderen Seen bestätigen dieses. (Siehe S. 248 u. 252.) Daß aber auch das pH für sie eine wesentliche Bedeutung hat, zeigt die Entwicklung der Desmidiaceenflora in den beiden Seen während der Zeit des fallenden pH sowie vor allem der Vergleich mit den sauren, aber sicher zugleich auch kalkarmen Zufluß- und Verbindungsgräben der Meere. (Siehe oben S. 237 u. 238.)

In der folgenden Tabelle der häufigeren Formen des Metaphytons gibt die erste Spalte das Vorkommen im Großen Meer vor und nach dem Kriege, durch Komma getrennt, an, die zweite das entsprechende für das Kleine Meer, die dritte das Vorkommen im schwach sauren Verbindungsgraben, nur vor dem Kriege, und die vierte die Funde in den sauren Zuflußgräben, für beide Untersuchungsperioden zusammengefaßt. Ganz vereinzelte Funde wurden durch ein +-Zeichen angezeigt. Bei den Kieselalgen konnten nur die Zahlen für die Untersuchungen nach dem Kriege angegeben werden.

Cryptomonas ovata	1, 2—3	1, 2	2—3	3
Trachelomonas volvocina!	2, 2—3	2, 3	3—4	2
Tr. Stokesiana!	2—3, 1	2—3, +	1	
Tr. hispida	1—2, 1—2	2, 1—2	2—3	1
Euglena mutabilis	0, +	0, +	+	2—3
Botryococcus Braunii	3—4, 3	2—3, 2—3	1	+
Pediastrum Boryanum	2—3, 2—3	2, 2		+
P. duplex	2—3, 2—3	2, 2	+	+
Scenedesmus armatus	2, 2—3	1—2, 2—3	+	
Ankistrodesmus falcatus +v!	2, 2—3	2, 2—3	1	+
Quadrigula closterioides	0, 2—3	0, 2		
Scenedesmus quadricauda	2, 2	2, 2	1	+
Pediastrum tetras	1—2, 1—2	1, 1—2		
Asterococcus superbus	1, 1	+, 1	1	+
Cosmarium subcrenatum!	3—4, 3—4	3—4, 3	1—2	
Staurastrum cuspidatum!!	+, 4	0, 4		
Euastrum denticulatum!	3, 3	2—3, 2		
Netrium digitus	2—3, 2—3	2, 2	1—2	3
Closterium libellula +v!	2—3, 2—3	2, 2—3		+
Cl. venus	2, 2—3	1, 2—3	1—2	1
Cosmarium humile!	3, 2	2, +	+	
C. ornatum!	2—3, 2—3	2, 2	1	
C. tumidum!	2—3, 2—3	1, 1—2		
Cylindrocystis Brébissonii	0, 1—2	0, 2—3	3	1
Closterium cynthia!	2, 2—3	1—2, 2	1—2	
Cl. dianae	1—2, 2	1, 2	2—3	
Cl. intermedium	1, 2	1—2, 2	4	+
Cl. lunula	1, 1—2	1, 2	3	4
Cl. moniliferum	1, 2	1, 2		
Cl. navicula!	1—2, 2—3	+, 2		
Cl. parvulum	2, 2	1, 2—3	2—3	+
Cosmarium botrytis +v	2—3, +	2, 1	1	
C. impressulum	2, 1	2—3, 0	+	
C. margaritiferum!	2, 1	2, 0	+	
C. punctulatum +v!	2—3, 1—2	1—2, 0	+	
C. reniforme	2—3, 2	2, 1		
Pleurotaenium Ehrenbergii	2, 2—3	1, 2		
Pl. trabecula	0, 2—3	1—2, 2		
Euastrum ansatum	2, 2	1, 1—2	4	2—3
Eu. bidentatum!!	2—3, 2	1—2, 1—2	1—2	+
Eu. pectinatum +v!	2, 2	1, +	1	
Eu. binale +v	+, 2	+, 2	2—3	1—2
Eu. elegans	2—3, 0	1, 0		
Micrasterias truncata	1, 2	1—2, 2	3	+
Closterium acutum!	2, 0	1, 1—2		
Cl. Baillyanum	0, +	+, 2		
Cl. costatum	1—2, 1—2	0, 1	2	3—4

Cl. Ehrenbergii var. *Malinvernianum*	2, 1	0, 1		
Cl. Kützingii	1—2, 1	1, 1—2		1
Cl. Ralfsii var. *hybridum*	+, 1—2	+, 1—2		
Cl. setaceum	+, 2	0, 1	2—3	
Cl. striolatum	1—2, 1—2	1, 2	3	4
Cosmarium bioculatum!	1—2, 1—2	0, 0	+	
C. pyramidatum	0, 0	2, 2—3		
Staurastrum polymorphum!	0, 2	0, 1—2		
St. punctulatum	1, 2	+, +	1	4
Hyalotheca dissiliens	0, 0	1—2, 1—2	+	2
Closterium Archerianum	+, 1—2	0, 1—2	1—2	
Cl. nematodes var. *proboscideum*	0, 0	0, 1—2		
Cl. pronum	0, +	0, 1—2	2	1—2
Cl. rostratum	0, 1	0, +		4
Cosmarium inconspicuum!!	+, +			3—4
C. portianum var. *nephroideum*	1—2, 0		+	
C. subcucumis	1, 1—2	0, +		1—2
Staurastrum alternans	0, +			3
St. gladiosum	1, 1—2		1	
St. hirsutum		0, 1—2	2—3	1—2
St. margaritaceum	0, +	0, 2	+	3
St. muricatum	0, 1	0, +	2	
Tetmemorus granulatus	1—2, 0	1, 1—2		
Euastrum didelta	0, 1	0, 1—2	3	
Eu. insulare	+, 1			2
Eu. oblongum	1, 1—2	1, 1	2	1
Micrasterias rotata	1, 1	1, 1—2	3—4	3—4
M. Thomasiana +v	0, 1	0, 1	4	3
Arthrodesmus octocornis	+, 1—2	1, +	1	
Die Kieselalgen:				
Eunotia lunaris	4	3	4	3
Frustulia rhomboides var. *saxonica*	3—4	3—4	+	1—2
Synedra ulna	3	3—4		
Cymbella gracilis	3	3	1	+
C. ventricosa	3	3	1	1
Gomphonea acuminatum var. *coronatum*	3	3		
G. angustatum var. *productum*	3	2—3	2	
G. constrictum	2	3		
Melosira italica	2	2—3		
Cyclotella stelligera	2	2—3		
Fragilaria pinnata	3	2—3		
Fr. construens var. *venter*	2	2—3		
Fr. intermedia	2—3	2		

Synedra tenera?	2—3	2		
Eunotia formica	2—3	2—3	+	
Achnanthes linearis +v	2—3	2		
A. minutissima +v	2	3		
Navicula radiosa +var. *tenella*	2—3	2—3	+	
Pinnularia gibba +v	2—3	2—3	3—4	3
P. subcapitata +v	1—2	2	3	3—4
P. viridis +v	2—3	2	3	4
Cymbella turgida	2	2	1	
Gomphonema acuminatum	2	2	1—2	+
Diatoma vulgare	2	1—2	+	
Eunotia exigua	2—3	1—2	1—2	
Eu. veneris	2	2	+	+
Eu. robusta var. *tetraodon*	1—2	2	+	
Navicula radiosa	1—2	2		
N. cari var. *angusta*	2	1—2		
Pinnularia microstauron +v	1	1	2	1
P. interrupta +v	1	1	2	1
Gomphonema parvulum	1—2	1		
G. longiceps var. *subclavata* fa. *gracile*	2—3	2	+	
Nitzschia palea	1	2	2	
Stenopterobia intermedia	1—2	1—2		+
Surirella elegans	1—2	2		2
S. linearis +v	1—2	1—2		+
S. robusta	1—2	1—2		
Stauroneis phoenicenteron	1	1	2	+
Pinnularia gentilis	1	2	3	2
Navicula pupula +v	+	+	1—2	
N. densestriata		2		

Der Artenzahl nach überwiegen im Metaphyton die Desmidiaceen, während nach der Individuenzahl die Kieselalgen an der Spitze stehen. Die Protococcales spielen nicht mehr die Rolle wie im Zwischenahner Meer.

Die Gesamtrichtung in der Entwicklung der Algenflora ist zweifellos durch das Absinken des pH-Wertes um eine Einheit bestimmt. Das zeigt die Zunahme oder das Neuauftreten der Formen, die nur in den folgenden stärker sauren Seen vorkommen, so *Closterium Cynthia, Cl. Dianae, Cl. intermedium, Cl. lunula, Cl. navicula, Cl. venus, Pleurotaenium Ehrenbergii, Pl. trabecula, Staurastrum margaritaceum, Euastrum binale, Micrasterias truncata,* aber auch *Cryptomonas ovata, Cylindrocystis Brébissonii* u. a. Ihm entspricht die Abnahme oder das Verschwinden der mehr eutraphenten Arten *Cosmarium humile, C. botrytis, C. punctulatum* und *C. reniforme,*

während die eutraphenten Protococcales sich im allgemeinen noch gehalten haben. An zahlreichen Stellen der Tabelle erkennt man auch, wie sich in den Seen die in den sauren Gräben der Umgebung vorhandenen Formen vermehren. Doch ist hier zu berücksichtigen, daß die Zuflußgräben schnellfließendes, kaltes Wasser führen und der Verbindungsgraben zwar stehendes Wasser hat, aber im Schatten des Waldes liegt, und daß sich sein pH allmählich dem der Seen angleicht.

Bei der Angabe der pH-Grenzen für die einzelnen Arten im systematischen Teil sind auch die feineren Unterschiede im Vorkommen in den verschiedenen Zuflußgräben und an den verschiedenen Stellen des Verbindungsgrabens berücksichtigt, auf die hier im einzelnen nicht eingegangen werden kann.

Vorläufig unklar ist die Zunahme der Häufigkeit des eutraphenten *Closterium moniliferum* sowie von *Scenedesmus armatus*, der außer in diesen Seen nur im Zwischenahner Meer vorkommt. Überraschend ist auch die sprunghafte Vermehrung von *Staurastrum cuspidatum*, das sonst in keinem See gefunden wurde, aber nach dem Kriege in den Sager Meeren als Massenform auftritt und stellenweise selbst makroskopisch sichtbaren Belag auf dem Boden und auf den Pflanzen des Litorals bildet.

Geringe Unterschiede in der Besiedlung sind sicher auch zwischen den beiden Meeren selbst vorhanden. Im Großen Meer findet sich häufiger: *Botryococcus Braunii, Cosmarium bioculatum, C. humile, C. punctulatum, C. tumidum, Euastrum bidentatum, Eu. denticulatum, Fragilaria constricta, Asterionella formosa, Eunotia exigua* und *Eu. lunaris* sowie das nach dem Kriege nicht wiedergesehene *Euastrum elegans*. Im Kleinen Meer kommen häufiger vor: *Cosmarium pyramidatum, Hyalotheca mucosa, H. dissiliens, Anabaena Scheremetievi, Eudorina elegans, Pinnularia gentilis, Gomphonema constrictum, Navicula densestriata*. Da das Kleine Sager Meer weit stärker braunes Wasser hat als das Große (Seenfarbe nach Forel-Uhle 20 statt 15), ist zu vermuten, daß hier die Ursachen für diese Unterschiede liegen. Ein klareres Beispiel für ähnliche Verhältnisse werden uns die beiden Bullenseen zeigen, die bei untereinander gleichem pH größere Unterschiede in der Humosität und in der Besiedlung haben.

c) Der Everser See
(Abb. 2 auf S. 246)

Dieser kleinste der untersuchten Seen liegt in einer diluvialen Mulde der Hochgeest bei dem Orte Eversen, 35 km ostwärts von Bremen. Die Mulde fällt fast schluchtartig steil ab und liegt wie ein Fremdkörper in der umgebenden Landschaft, die aus Heide, Kiefernwald und sandigen Äckern gebildet wird. Der Boden der Mulde und ihr Hang sind westlich und nördlich des Sees von moorigen Wiesen, östlich und südlich von Wiesen und Eichenwald bedeckt. Ein kleiner Zufluß und ein Abfluß haben nicht immer fließendes Wasser. Einige von den Wiesen kommende künstliche Entwässe-

rungsgräben mit Eisenocker düngen wohl den See etwas und mögen mit die Ursache gewisser eutropher Züge sein. Der See ist für seine geringe Größe überraschend tief (8 m) und hat auf drei Seiten bis auf etwa 1,50 m senkrecht abfallendes Steilufer, während sich im Osten eine Verlandungszone mit Schaukelmoos über das Wasser schiebt. Sein Wasser zeichnet sich aus durch einen ziemlich hohen Permanganatwert und einen ebensolchen Glührückstand. Im besonderen ist der Gehalt an Kalzium und Magnesium (14,4 bzw. 5,8 mg/l) etwa doppelt so hoch wie bei allen anderen untersuchten Heideseen einschließlich der Sager Meere, allerdings immer noch wesentlich geringer als der des Zwischenahner Meeres. Das pH von 6,0—6,5 blieb während der Untersuchungszeit unverändert. Der Boden des Sees ist, soweit man vom Ufer feststellen kann, überall torfig und mit Laub bedeckt.

Phragmites und *Scirpus lacustris* fehlen und damit auch ein eigentliches Röhricht. Dafür findet sich im Osten zusammen mit *Sphagnum recurvum* eine eigenartige Verlandungsvegetation aus *Ranunculus Lingua* (Häufigkeit 3), *Typha angustifolia* (3), *Comarum palustre* (2—3), *Lythrum salicaria* (2—3), *Polygonum hydropiper* (2), *Menyanthes trifoliata* (2), *Lycopus Europaeus* (1—2), *Calla palustris* (1), *Utricularia minor* (1), *Lysimachia vulgaris* (1), *L. thyrsiflora* (1). Auf dem Lande finden wir *Hydrocotyle vulgaris, Gentiana pneumonanthe, Myrica gale* und weiter ab vom Wasser auch *Osmunda regalis.*

Das freie Wasser hat ringsum einen Gürtel von See- und Teichrosen, untermischt mit *Potamogeton natans* und an einigen flachen Stellen mit *Equisetum limosum.* Unterwasserwiesen fehlen, nur *Fontinalis antipyretica* bildet einige Bestände, und im Ausfluß wächst *Elodea.*

Die makroskopische Algenflora ist nicht stark entwickelt. Zur Zeit des Frühlingshochwassers herrscht, vor allem im Überschwemmungsgebiet, manchmal *Draparnaldia acuta.* Daneben wachsen *Stigeoclonium tenue, Tribonema minus, Microspora rufescens* und *M. Willeana,* in den Pfützen am See auch *Chaetophora elegans.* Die Kieselalgenblüte wird gekennzeichnet durch einen mäßigen Behang aus *Tabellaria fenestrata, Eunotia pectinalis var. minor, Synedra ulna, Gomphonema acuminatum* einschl. *var. coronatum, G. angustatum var. productum* u. a., während die anscheinend kalkfliehende *Tabellaria flocculosa* nur schwach vertreten ist. Etwas später im Jahre findet man Watten von *Oedogonium intermedium, Oe. fennicum, Oe. crispum, Oe. obesum,* gegen den Herbst auch einige Blaualgen: *Hapalosiphon hibernicus, Pleurocapsa sp., Cylindrospermum stagnale, Tolypothrix tenuis, Anabaena lapponica, Oscillatoria splendida,* vor dem Ausfluß neben *Elodea* auf dem Boden auch *Microcoleus lacustris* und *Oscillatoria princeps.*

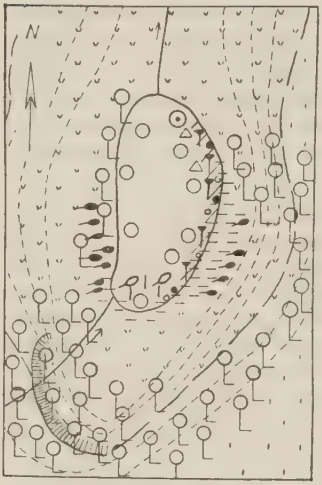
Vor der Mündung einiger Zuflußgräben häuft sich Eisenocker an, auf dem *Leptothrix ochracea* eine eigenartige Lebensgemeinschaft bildet zusammen mit *Tribonema elegans, Closterium rostratum, Surirella elegans, Pinnularia*

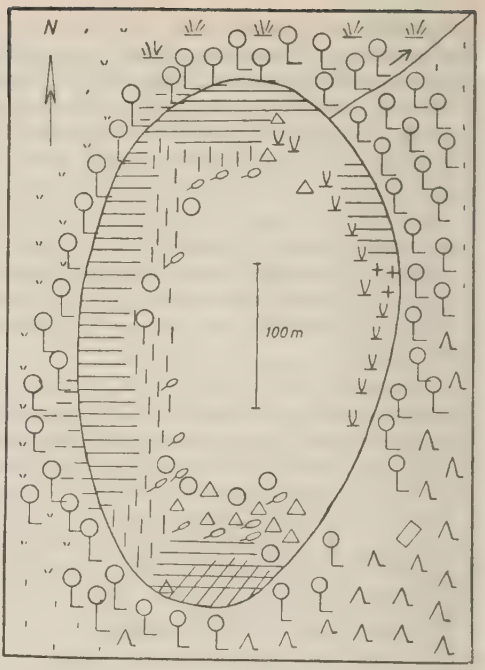
Pastorensee

Aufnahme vom 18. 6. 53

Everser See

Aufnahme vom 13. 9. 53





Erläuterungen zu den Seenkarten:

Alle Seen sind im Maßstab 1 : 5000 gezeichnet

	Torfstich		Carex spec
	Heide und verheidetes Moor		Equisetum limosum
	Wiese und Weide		Ranunculus Lingua
	Ackerland		Comarum palustre
	Laubwald		Lythrum salicaria
	Nadelwald		Calla palustris
	Myrica gale		Menyanthes trifoliata
	Sphagnum spec.		Nymphaea und Nuphar
	Empetrum nigrum		Potamogeton spec.
	Vaccinium oxycoccus		Myriophyllum alterniflorum
	Molinia coerulea		Litorella lacustris
	Cladium mariscus		Lobelia Dortmanna
	Phragmites communis		Isoetes lacustris
	Scirpus lacustris		Fontinalis spec.
	Typha angustifolia		Drepanocladus spec.
	Heleocharis palustris		Cephalozia fluitans

Abb. 2

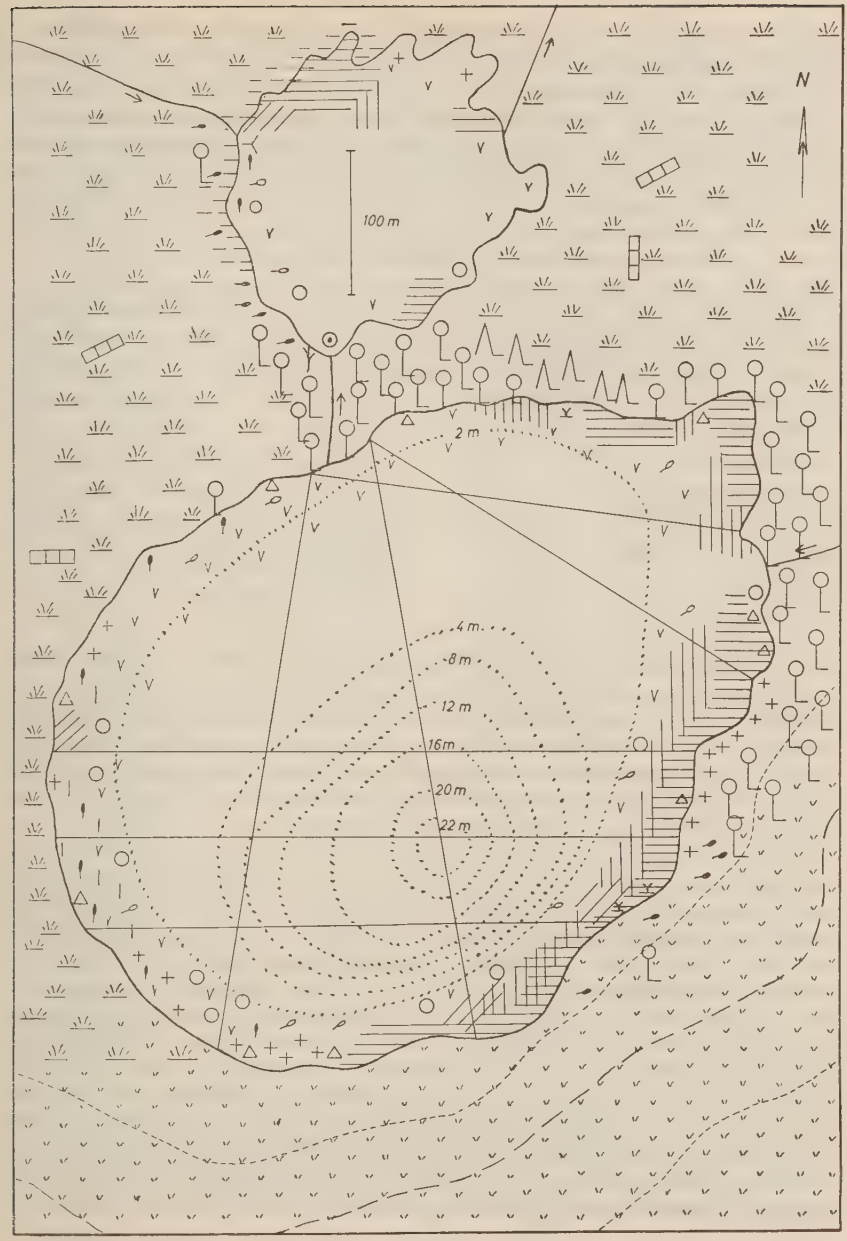


Abb. 3 Karte der Sager Meere

viridis, P. acrosphaeria, P. mesolepta, Stauroneis anceps, Cymbella naviculiformis und *Nitzschia recta.*

Die größeren Algen sind aber alle mehr vereinzelt vorhanden, und bei mehreren Besuchen wurde mit bloßem Auge im See keine Alge gesehen.

An Epiphyten wurden gefunden außer den schon genannten *Gomphonema*arten: *Achnanthes minutissima var. cryptocephala* (3), *A. lanceolata* (2), *Cocconeis placentula var. euglypta* (2), *Gomphonema augur var. Gautieri* (2), *Plectonema notatum* (2), *Coleochaete scutata* (1—2), *Aphanochaete repens* (1), *Chaetosphaeridium Pringsheimii fa. conferta* (1).

Das Plankton ist nicht reich entwickelt. Brockmanns Angaben darüber (in Lundbeck 1951, S. 43) beruhen auf einem Zufallsbefund. Aber gerade die Peridineen sind, wie auch die Chrysophyceen, in den hiesigen Seen außerordentlich schwankend in ihrem Auftreten, so daß sich erst nach Prüfung einer Reihe von Proben etwas Allgemeines über ihr Vorkommen aussagen läßt. Gefunden wurden:

Coelosphaerium Naegelianum	3	*Ceratium hirundinella*	3	+
Chroococcus limneticus	1	*Peridinium cinctum*	1	
Synura uvella!	2	*Botryococcus Braunii*	3—4	+
Dinobryon bavaricum	1	*Ankistrodesmus Pfitzeri!!*	2	
D. divergens	1	*Quadrigula closterioides*	1	
Mallomonas sp.	1	*Gloeococcus Schröteri*	1	
Gonyostomum semen	1—2	*Tabellaria fenestrata*	2	
		Asterionella formosa	1	

Im ganzen haben wir also ein ausgesprochenes Mischplankton, wobei *Botryococcus Braunii* und *Ceratium hirundinella* überwiegen. Nur diese beiden wurden in mehr als der Hälfte aller Besuche gefunden, außerdem in allen vier Besuchen vor dem Kriege das nachher verschwundene *Coelosphaerium Naegelianum.* Auffällig ist das Fehlen von *Dictyosphaerium pulchellum,* das in allen anderen Seen — und vor allem in den in der pH-Reihe benachbarten — mehr oder weniger häufig ist.

Bei der Betrachtung des Metaphytons zeigt sich dann eine überraschende Mannigfaltigkeit, so daß die gefundenen Artenzahlen bei manchen Gruppen nicht kleiner sind als die der ökologisch ähnlichen, aber wesentlich größeren Seen. *Fontinalis,* Sphagnen und Algenbehänge sind hier sein Wohnraum. Vor allem die Kieselalgen sind reich entwickelt, während die Desmidiaceen trotz der für sie günstigen Aziditätsverhältnisse stark zurücktreten. Es liegt nahe, beide Erscheinungen auf den höheren Kalkgehalt des Sees zurückzuführen, und das bestätigt dann die entsprechende Beobachtung an den Sager Meeren, daß innerhalb eines größeren pH-Bereiches nicht das pH als solches, sondern die Menge der Kalzium-Ionen der begrenzende Faktor für das Gedeihen zahlreicher Desmidiaceen ist. Es würde dann andererseits aber zeigen, daß für die Kieselalgen das Kalzium — neben dem pH — ebenfalls von Bedeutung ist. — Vor allem bei den Grünalgen und Flagellaten waren allerdings (wie übrigens auch

im Plankton) oft die Arten in geringerer Individuenzahl vertreten als anderswo, so daß ich erst nach einer Reihe von Besuchen ein zuverlässiges Bild über die Besiedlung bekam.

Nach dem Kriege trat im Litoral und im Plankton des Sees eine kugelförmige Heterococcale auf, für die wohl eine neue Gattung aufgestellt werden muß. Da ich aber noch keine Fortpflanzung sah, ist ihre Bearbeitung noch nicht abgeschlossen. Wegen ihrer Häufigkeit ist sie hier mit aufgezählt.

Die wichtigsten Formen des Metaphytons sind:

Anthophysa vegetans!	2—3	*Synedra ulna* +v	3
Heterococcale!	2—3	*Pinnularia viridis!*	3
Trachelomonas volvocina	3	*P. microstauron* +v	3
Tr. hispida	2	*Eunotia formica!*	3
Tr. Stokesiana!	2	*Cymbella turgida!*	3
Euglena mutabilis	2	*Nitzschia palea*	3
Phacus lismorensis!	1—2	*Pinnularia subcapitata* +v	2—3
Gloeochaete Wittrockiana!	1—2	*Cymbella microcephala!*	2—3
Crucigenia tetrapedia!!	2—3	*Nitzschia* cf. *ignorata!*	2—3
Ankistrodesmus sp.!!	2—3	*N. recta*	2—3
A. falcatus +v	1—2	*Tabellaria flocculosa*	2
Closterium venus!	3	*Frustulia rhomboides* var. *saxonica*	2
Netrium digitus	2—3	*Stauroneis anceps*	2
Closterium dianae +v	2—3	*Pinnularia acrosphaeria!*	2
Cl. Kützingii	2—3	*P. gentilis!*	2
Cl. moniliferum	2—3	*P. mesolepta!*	2
Cl. parvulum!	2—3	*Cymbella gracilis*	2
Cl. rostratum!	2—3	*C. naviculiformis!*	2
Cl. costatum	2	*C. ventricosa*	2
Cl. intermedium	2	*Surirella elegans* +v	2
Cl. striolatum	2	*Melosira italica*	1—2
Pleurotaenium trabecula	2	*Meridion circulare* +v!	1—2
Cosmarium pachydermum!!	2	*Eunotia gracilis*	1—2
Closterium cynthia	1—2	*Caloneis silicula* +v	1—2
Cl. Ehrenbergii var. *Malinvernianum*	1—2	*Stauroneis pygmaea!*	1—2
Euastrum oblongum	1—2	*Navicula cryptocephala*	1—2
Cosmarium impressulum	1—2	*N. pupula* +v!	1—2
C. ochthodes!!	1—2	*Pinnularia divergens*	1—2
C. vexatum	1—2	*Cymbella helvetica!!*	1—2
Gonatozygon Kinahani	1—2	*Hantzschia amphioxys*	1—2
Micrasterias apiculata!!	1	*Stenopterobia intermedia*	1—2
Gonatozygon Brébissonii var. *laeve!*	1	*Fragilaria constricta*	1
Eunotia lunaris!	4	*Eunotia robusta* var. *tetraodon*	1
Pinnularia gibba +v	3—4	*Pinnularia molaris!*	1

Die nur im Everser See gefundene, hier vor dem Kriege aber ziemlich häufige *Crucigenia tetrapedia* ist nachher fast verschwunden. Dafür sind *Gonyostomum semen* und die Heterococcalenkugel neu aufgetaucht. Dies und das schon genannte Verschwinden des früher sehr häufigen *Coelosphaerium Naegelianum* sind die einzigen gesicherten Veränderungen der

Algenflora während der Beobachtungszeit. Doch mögen bei der geringen Häufigkeit vieler Arten hier Veränderungen der Beobachtung entgangen sein. Eine hohe Artenzahl eines Gewässers bei geringer Individuenzahl läßt aber ein Fehlen des Gleichgewichtes zwischen den ökologischen Verhältnissen und der Besiedlung vermuten, so daß man eine stärkere Entwicklung der Flora erwarten müßte.

d) Der Pastorensee
(Abb. 2 auf S. 246)

Dieser See, auf den Landkarten als Pastorensee bezeichnet, von der einheimischen Bevölkerung aber nach dem Namen des benachbarten Dorfes Otterstedter See genannt, liegt 25 km ostwärts von Bremen auf dem diluvialen Geestrücken nördlich der Wümmeniederung. Er ist im Osten und Süden von einem kleinen Kiefernwald, auf den anderen Seiten von Viehweiden und sandigen Äckern umgeben, zwischen denen noch Reste einer früheren Heidebedeckung sich befinden. Der Seespiegel wurde vor etwa 70 Jahren künstlich abgesenkt und der im Norden und Westen dabei freiwerdende Streifen von etwa 20 m Breite mit Erlen und Birken bepflanzt, so daß die Ufer jetzt allseits mit Bäumen bestanden sind. Nennenswerte Zuflüsse sind nicht vorhanden. Der einzige kleine Abfluß im Nordosten wird zum Regulieren des Wasserstandes benutzt. Nur im Frühjahr steigt das Wasser über die Ufer.

Der Boden des Sees ist im Osten sandig bis kiesig und fällt hier steil ab bis zur Höchsttiefe von 11 Metern, im Westen ist schlammiger, langsam abfallender Grund.

Durch mehrere Viehtränken und eine in jüngster Zeit angelegte Badeanstalt wird der See jetzt stark verschmutzt. Doch hat sich während der Untersuchungszeit das pH von 5,4—6,7 nicht geändert. Der Gehalt an Ca stieg von 5,4 mg/l im Jahre 1935 auf 7 mg im Jahre 1950. Die Torfmoosrasen, die 1938 am Westufer noch gut ausgebildet waren, sind allerdings stark zurückgegangen.

Der Röhrichtgürtel und die Zone der Schwimmblattpflanzen sind sehr kräftig entwickelt, zwischen dem *Potamogeton natans* kann man manchmal kaum mit dem Boot hindurch. Außerdem finden sich auffällig große und dichte Wiesen von *Equisetum limosum*. Vor allem an der Grenze zwischen den schlammigen und den sandigen Teilen siedelt *Fontinalis antipyretica*, im Süden in 1—3 m Tiefe sind dichte Bestände von *Fontinalis Kindbergi*, während *Drepanocladus fluitans* nur (noch ?) vereinzelt gefunden wurde. Nur an der sandigsten Stelle im Osten ist eine Strecke frei von Röhricht. Hier finden sich *Litorella lacustris* und *Carex sp.* stellenweise in dichten Beständen, daneben vereinzelt auch *Nitella flexilis*. — Die tieferen Teile des Sees sind frei von autotrophen Pflanzen.

Eine Reihe seltenerer Blütenpflanzen, die allerdings zum Teil wohl nicht mehr vorhanden sind, finden wir aufgezählt von Schütt (1936, S. 58). Wie

sehr sich der Bestand an Makrophyten in zwei Jahrzehnten geändert hat, zeigt der Vergleich unserer nach einer Aufnahme von 1953 gezeichneten Karte mit einer solchen von Kurt Viets (1949, S. 333), die die Flora des Sees zu Anfang der dreißiger Jahre darstellt. Die Gesamtmenge der Blütenpflanzen hat sich seitdem stark vermehrt, aber Litorella ist jetzt nur noch auf die sandigsten Teile beschränkt, wo sie nach der Karte von Viets damals gerade nicht vorkam.

Die makroskopische Algenflora ist im ganzen mäßig stark entwickelt. Vor allem sind die Kieselalgen auffallend schwach vertreten, nur im Frühling erreicht *Tabellaria flocculosa* eine gewisse Blüte. Aber auch die großen Grünalgen bilden nur zeitweise einen dichteren Behang am Röhricht und an *Equisetum*. Eine eigentliche Uferflora fehlt, da die Wellenschlagzone im Osten aus reinem Sand besteht. Im Frühlingsüberschwemmungsgebiet finden sich *Ulothrix variabilis* und *U. tenerrima*, vereinzelt auch *U. zonata* und *Stigeoclonium tenue*, während *Tribonema viride*, *Tr. vulgare*, *Tr. minus*, *Tr. affine* sowie *Microspora pachyderma* und *M. Willeana* vom Winter bis zum späteren Frühjahr manchmal größere Watten bilden. Allerdings bevorzugen sie bestimmte Standorte: Kuhtränken am See, Pfützen und Gräben in der Nähe des Sees, aber auch Stellen, wo etwa durch Mähen Lücken im Schilf sind und sich so Plätze mit ruhigerem Wasser im See selbst finden. Unter den Zygnemales fällt *Zygnema* auf, die in diesem See ihr Häufigkeitsmaximum erreicht. In der zweiten Jahreshälfte kommen *Oedogonium* und *Bulbochaete*. Bestimmt wurden *Oedogonium undulatum*, *Oe. intermedium* und *Oe. varians*. Mehr vereinzelt finden sich *Cylindrospermum stagnale*, *Tolypothrix distorta*, *Hapalosiphon intricatus* und *H. hibernicus*.

Groß ist die Arten- und Individuenzahl der Epiphyten, vor allem nach dem Kriege, was vielleicht ein Anzeichen ist, daß durch beginnende Verschmutzung die Widerstandsfähigkeit der größeren Formen gegen Aufwuchs schon geschwächt ist. *Coleochaete scutata*, *C. orbicularis* und *Chamaesiphon incrustans var. angustus* sind manchmal fast auf jedem Fontinalispflänzchen zu finden, *Lyngbya Kützingii*, aber auch *Chaetopeltis orbicularis* und *Aphanochaete repens* erreichen hier ihr Häufigkeitsmaximum. Die letztere geht in die stärker sauren Seen nicht mehr hinein. Weiter trifft man *Lyngbya rigidula*, *Chaetosphaeridium Pringsheimii fa. conferta*, die beiden *Microthamnion*-Arten, *Dinobryon utriculus* und *Characium Sieboldii*. *Chaetophora elegans* bewohnt merkwürdigerweise wieder nur Pfützen in nächster Nähe des Sees sowie einen Fischteich dicht am See und den Verbindungsgraben zwischen diesem Teich und dem See. Mehr auf toten Gegenständen siedeln *Pleurocapsa sp.* und *Calothrix Braunii*.

Das Plankton des Sees ist nicht reich entwickelt und in seiner Zusammensetzung recht schwankend. Gefunden wurden:

Dinobryon divergens	2—3		*Dictyosphaerium pulchellum*	3 +
D. bavaricum!	1—2		*Botryococcus Braunii*	2
Synura uvella	1—2		*Eudorina elegans*	2
Dinobryon sociale	1		*Dimorphococcus lunatus!!*	2
Uroglenopsis americana	1		*Quadrigula closterioides*	1—2
Ceratium hirundinella!	4	+	*Coscinodiscus Rotheana* var. *subsalsa*	1
Peridinium Willei!	2—3	+		
P. pusillum	2			

Also nur drei Arten wurden in mehr als der Hälfte aller Besuche gefunden, davon allerdings *Ceratium hirundinella* in 10 von 11 Besuchen. Auch dies Plankton ist ein Mischplankton wie das des Everser Sees, von dem es sich im einzelnen jedoch deutlich unterscheidet. — Auch das Zooplankton ist ziemlich ärmlich. Die Rädertiere überwiegen dabei gegenüber den Krebstieren.

An den flacheren, sandigen Stellen ist eine spärliche Bodenflora entwickelt. *Scenedesmus antennatus* und seine *var. tetradesmiformis* kleben sich mit den Gallertköpfchen ihrer Zellen an Sandkörnern fest; vor dem Kriege fand sich auch *Synechococcus major. Oscillatoria splendida, Microcystis pulverea* und *Closterium lunula* bevorzugen als Wohnort deutlich den Boden. Erstere überzieht ihn stellenweise mit dünnen, spinnwebigen Schleiern oder konzentriert sich mehr in einzelnen Nestern. *Achromatium oxaliferum* und *Beggiatoa leptomitiformis* zeigen die verschmutzten Stellen an.

Bemerkenswert sind die Kuhtränken, die ihre eigene, vom übrigen See meist unabhängige Flora haben, wobei aber nur die schon genannten *Tribonema*-Arten einigermaßen regelmäßig dort gefunden werden, während die übrigen Formen, meist Eugleninen und Blaualgen, von Tränke zu Tränke wechseln, aber auch in aufeinander folgenden Jahren an der gleichen Stelle verschieden sind. Eine Tränke hatte längere Zeit über und unter Wasser größere Watten von *Vaucheria hamata*, weiter wurde vor allem gefunden: *Oscillatoria tenuis, O. brevis, Lyngbya aerugineo-coerulea, Cercobodo simplex, Polytoma uvella, Phacus oscillans, Ph. triqueter, Ph. pleuronectes, Ph. mirabilis, Ph. acuminatus, Euglena acus, Eu. intermedia* einschl. *var. Klebsii, Eu. viridis, Eu. spirogyra var. abrupte-acuminata, Peranema trichophorum* und andere farblose Eugleninen, *Closterium lanceolatum, Cl. praelongum.*

Das Metaphyton zeigt eine außerordentliche Mannigfaltigkeit, so daß dieser See nach den Sager Meeren die höchste Artenzahl an Algen aufweist. Fontinalis und die Behänge an Phanerogamen sind hier sein Wohnraum. Hier war bis vor kurzem noch der volle Desmidiaceenreichtum der schwach sauren Heidegewässer. Hinzu kommen zahlreiche Grünalgen, Flagellaten und Blaualgen. Auch die Artenzahl der Kieselalgen ist größer, als man nach ihrer sehr geringen Mengenentfaltung erwarten sollte. Der geringe Kalzium- und Magnesiumgehalt dieses Sees erklärt wohl diese scharfen Unterschiede gegenüber dem Everser See.

Wohl dadurch, daß die Viehtränken nur im Sommer benutzt werden und während dieser Zeit durch einen dichten Schilfgürtel vom übrigen See abgetrennt sind, wirkten sie sich zunächst nur eutrophierend und erst in jüngster Zeit allgemein verschmutzend auf den See aus, so daß bei den letzten Besuchen vor allem die Zahl der Desmidiaceen sehr stark abgenommen hatte. Nur die empfindlicheren Formen waren schon während der zehnjährigen Untersuchungspause verschwunden oder stark zurückgegangen, so *Oscillatoria Borneti,* die vorher in zahllosen Einzelfäden alle Litoralpflanzen und die flachen Teile des Bodens überzogen hatte, nachher aber nur noch vereinzelt gefunden wurde (dafür jetzt im Wollingster See auftritt, der in seiner Entwicklung dem Pastorensee nacheilt), dann *Glaucocystis Nostochinearum,* die nur im Pastorensee gefunden wurde, hier aber anfangs fast in jeder Probe vorkam, weiter *Quadrigula closterioides* (von Häufigkeit 2—3 auf 1), *Closterium Baillyanum* (2—0), *Cl. setaceum* (2—0), *Tetmemorus Brébissonii* (1—0), *T. laevis* (2—0), *T. granulatus!* (2—0), *Euastrum elegans!* (von 2—3 auf 0), *Micrasterias truncata* (2—0), *Cosmarium contractum var. ellipsoideum* (3—0!), *C. sinostegos var. obtusius!!* (2—0), *C. subtumidum!* (von 2—3 auf 0), *Staurastrum margaritaceum* (von 2—3 auf 0), *St. teliferum!* (von 2—3 auf 0), *Spondylosium pulchellum* (von 2—3 auf 1), überraschenderweise aber auch das ausgesprochen eutraphente *Pediastrum tetras* (von 2—3 auf 1). Stark vermehrt haben sich bzw. neu aufgetreten sind: *Oscillatoria tenuis* (von 1 auf 3—4), *Closterium Ehrenbergii* (0—2), *Cl. intermedium* (0—2), *Pleurataenium trabecula* (0—2), *Cosmarium subcrenatum* (0—3!), *Hyalotheca mucosa* (von 0 auf 2—3), *Hantzschia amphioxys* (0—2). Fünf *Oscillatoria*-Arten sind mit geringerer Häufigkeit neu hinzugekommen.

Diese Veränderungen in der Besiedlung sind sehr beachtenswert, weil sie ohne durchgehende Änderung des pH-Wertes vor sich gegangen sind. Trotzdem verlaufen sie zum weitaus größten Teil in der Richtung, daß die Formen der mehr eutrophen Seen, die den höheren pH-Wert haben, sich hier vermehren (allerdings sind es hier nicht immer die Formen des Everser Sees, sondern oft die der Sager Meere, da der erstere wegen seines Kalkreichtums wie wegen seiner Kleinheit eine Sonderstellung hat), während die Arten der sauren Seen abnehmen. Das zeigt, daß der Vorgang der Eutrophierung auch von Faktoren abhängt, die nicht eng an das pH gekoppelt sein können.

Das Neuauftreten mehrerer *Oscillatoria*-Arten und von *Hantzschia amphioxys* sowie das Verschwinden von Formen, die sowohl in Seen mit höherem als auch in solchen mit niedrigerem pH zu Hause sind, wie *Closterium setaceum* und *Micrasterias truncata* oder von so eutraphenten Arten wie *Pediastrum tetras,* muß als Wirkung einer beginnenden Verschmutzung gedeutet werden, der ja zuletzt wohl die meisten Desmidiaceen zum Opfer gefallen sind.

Von den Formen, die über die Untersuchungspause hinaus sich mehr oder weniger konstant gehalten haben, können nur die wichtigeren genannt werden. Eine große Zahl von ihnen hat hier ihr Häufigkeitsmaximum.

Merismopedia glauca	2
Spongomonas uvella!	2
Chilomonas Paramaecium	2—3
Cryptomonas ovata	2—3
Cr. erosa	2
Chilomonas oblonga	2
Euglena mutabilis	2
Eu. splendens	2
Trachelomonas volvocina	2
Entosiphon ovatum	2
E. sulcatum	2
Anisonema acinus	2
Asterococcus superbus!	2—3
Ankistrodesmus falcatas +v	2—3
Gloeocystis vesiculosa	2
Eremosphaera viridis!	2
Elakatothrix viridis!!	1—2
Scenedesmus costatus!!	1
Sc. curvatus!!	1
Cylindrocystis Brébissonii!	3—4
Netrium digitus!	3
Closterium lunula!	3
Cl. moniliferum!	3
Cl. venus!	3
Pleurotaenium Ehrenbergii!	3
Micrasterias rotata!	3
Cosmarium amoenum!	3
C. reniforme!	3
Gonatozygon Kinahani!	3
Spirotaenia condensata!	2—3
Closterium costatum!	2—3
Cl. cynthia!	2—3
Cl. dianae!	2—3
Cl. parvulum!	2—3
Micrasterias Thomasiana var. *notata!*	2—3
Staurastrum punctulatum	2 –3
Hyalotheca dissiliens!	2—3
Penium spirostriolatum!	2
Closterium attenuatum!	2
Cl. Baillyanum	2
Cl. Kützingii	2
Cl. libellula var. *intermedium*	2
Cl. navicula	2
Cl. pronum	2
Cl. striolatum	2
Euastrum ansatum	2
Eu. humerosum var. *parallelum!*	2
Micrasterias papillifera!	2
Cosmarium Regnellii!	2
Xanthidium antilopaeum	2
Staurastrum cyrtocerum!	2
St. apiculatum!!	1—2
St. muticum!!	1—2
Sphaerozosma vertebratum v. *latius!!*	1—2
Gonatozygon Brébissonii!	1—2
Cosmarium exiguum!!	1
Arthrodesmus convergens!!	1
Staurastrum avicula!!	1
St. Dickieii!!	1
Nitzschia palea	3
Eunotia pectinalis +v	2—3
Eu. veneris	2
Pinnularia microstauron +v	2—3
Gomphonema parvulum!	2—3
Caloneis ladogensis var. *densestriata*	2
Stauroneis phoenicenteron!	2
Hantzschia amphioxys	1—2

e) Der Wollingster See
(Abb. 4 auf S. 257)

Dieser See liegt 20 km südöstlich von Bremerhaven auf sandiger Geestheide am Nordrande des Beverstedter Hochmoores. Er ist auf drei Seiten von Heideflächen begrenzt, nur im Nordwesten reichen Viehweiden an den See, auf die sandige Äcker folgen. Zuflüsse sind nicht vorhanden, der einzige sehr unbedeutende künstliche Abfluß führt zum Beverstedter Moor, so daß das sonst sehr klare Wasser gelegentlich durch Rückstau braun gefärbt sein kann. Einen weiteren Einfluß hat das Moor aber nicht auf den See. Der Wasserspiegel des Sees ist recht konstant.

Die große Tiefe des kleinen Sees (17 m) und die Anwesenheit eines Sandhügels am Nordostufer, gerade gegenüber der tiefsten Stelle des Sees in einem sonst ebenen Gelände, haben zu dem Gedanken geführt, daß der See durch Ausstrudelung in der Eiszeit entstanden ist.

Der See ist für LUNDBECK der Typus des „primär oligotrophen Sees", der, auf nährsalzarmem Boden gelegen und daher selbst arm an Pflanzennährstoffen, nur durch Einwirkung von außen zur Reifung, und zwar zur Dystrophierung gelangen kann. (LUNDBECK 1934.) Er ist von LUNDBECK limnologisch und zoologisch, von BROCKMANN, KLIE, RÖHRS und anderen zoologisch und botanisch, auch algologisch untersucht (BROCKMANN u. a. 1933), so daß wir seine Entwicklung während der letzten 20 Jahre verfolgen können. Diese zeigt uns jetzt, wie schnell ein solcher ursprünglich äußerst nährsalzarmer See eutrophiert werden kann unter dem Einfluß der menschlichen Kultur, die sich hier auswirkt durch die angrenzenden Viehweiden mit ihrer Düngung und ihren Viehtränken am See sowie durch einen reichen Badebetrieb.

Der Boden des Sees besteht wie auch die Ufer aus reinem, manchmal aber ziemlich kiesigem Sand, nur an der tiefsten Stelle hat sich Schlamm angesammelt. Das pH des freien Wassers, das 1932 mehrmals mit 4,2 gemessen war, stieg seitdem ziemlich gleichmäßig und hat 1950—1953 Werte um 6,0. Die Sichttiefe fiel in der gleichen Zeit von 376—485 cm auf 200 bis 210 cm. Da die chemischen Analysen des Wassers von verschiedenen Seiten und von sehr verschiedenen Gesichtspunkten aus unternommen wurden, so lassen sich nur die Kalzium- und die Magnesiumwerte vergleichen. Es ergab sich für die Zeit von 1932 bis 1950 ein Anstieg des Kalziums von 3,4 auf 4,5 mg/l und des Magnesiums von 2,1 auf 4,3 mg/l. Der See ist also auch jetzt immer noch sehr kalkarm.

Aus kleinen Anfängen haben sich an den beiden Enden des Sees zwei größere Schilfgelege entwickelt, und an zahlreichen anderen Stellen sprossen immer wieder neue Horste hervor, die die sehr lockeren Bestände von *Heleocharis palustris* und *Carex rostrata* verdrängen. Schwimmblattpflanzen fehlen noch, ebenso *Scirpus lacustris,* während *Typha angustifolia* vereinzelt gefunden wird. Das gesamte Ufer bis auf die Viehtränken ist aber noch gesäumt von einem breiten Gürtel aus *Litorella lacustris* und *Lobelia Dortmanna,* die bis zu einer Tiefe von 4 Metern hinabgehen und stellenweise selbst im Schilf dichte Wiesen bilden. Sehr vereinzelt hat sich ihnen *Drepanocladus exannulatus, D. fluitans var. submersus* und *Nardia crenulata* beigemengt. *Lobelia* blüht bis in einer Tiefe von 25 cm, bleibt darunter aber steril. In der letzten Zeit wird sie durch *Litorella* zusehends verdrängt. Auch *Isoëtes lacustris* war früher hier häufig, ich habe es jetzt aber nur noch in wenigen Exemplaren in 1,50 m Tiefe gefunden.

Rings um das Ufer finden wir *Hydrocotyle vulgaris,* stellenweise auch *Myrica gale* und *Pteridium aquilinum.* Im Süden und Westen sind größere Rasen von Torfmoos, meist *Sphagnum recurvum.* Ins freie Wasser geht das Torfmoos aber kaum.

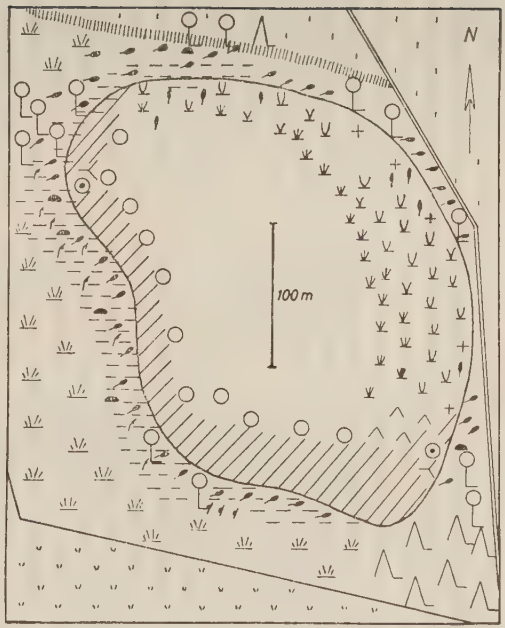
Die makroskopisch sichtbare Algenflora ist im allgemeinen noch recht mäßig ausgebildet. Kennzeichnend für sie ist vor allem *Hormidium subtile*, das die an einigen Stellen vorhandenen Uferbefestigungen und vor allem den Sandboden an den flachsten Stellen besiedelt, indem es mit seinen Auswüchsen sich an den Sandkörnchen verhäkelt und verklebt und dabei so dichte Rasen bilden kann, daß der Sand dadurch selbst in ziemlich bewegtem Wasser festgelegt wird. Im Gegensatz zu den meisten fädigen Grünalgen findet man es das ganze Jahr hindurch in mehr oder weniger üppigem Wachstum, selbst unter dem Eise. Nur beim letzten Besuch, im September 1953, sah ich es nicht.

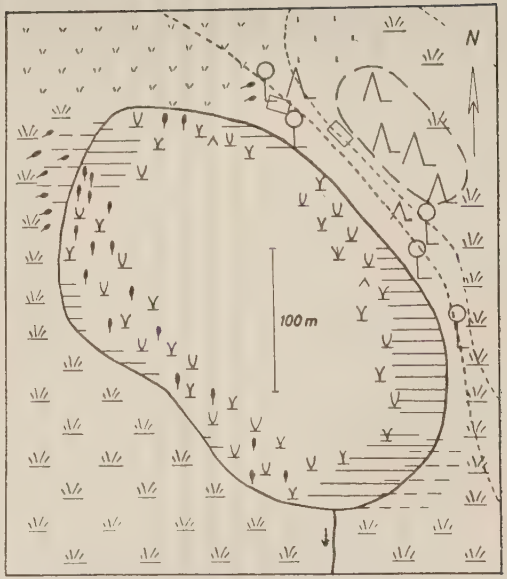
Die Frühlingsflora wird daneben von *Stigeoclonium tenue* gebildet, während später im Jahre häufiger Watten von *Ulothrix tenerrima* und *Oedogonium* gefunden werden. Die Kieselalgenblüte erkennt man nur an einer gewissen Vermehrung von *Tabellaria flocculosa*.

Für die Zeit nach dem Kriege kennzeichnend ist — wohl als Folge der schnellen Eutrophierung — das plötzliche Aufblühen einzelner, zum Teil für den See neuer Arten, die dann wieder so schnell verschwinden können, wie sie gekommen sind. April 1949 waren weite Teile des Litorals bedeckt von *Tetraspora cylindrica*, die vorher nur einmal in einigen Exemplaren gefunden war und nachher nicht wieder gesehen wurde. August 1950 waren alle Steine auf dem Boden des Litorals und andere Gegenstände überzogen von einer mir unbekannten *Homoeothrix*, die nach zwei Monaten wieder verschwunden war. Zur gleichen Zeit trugen fast alle toten Schilfhalme und die Wurzelbüschel an den Knoten der lebenden Halme einen dichten Bewuchs von *Bulbochaete polyandria*, während vorher wie nachher Bulbochaeten nur vereinzelt gefunden wurden. Ende Dezember 1949 waren alle toten *Scirpus*halme behängt mit Watten einer *Mougeotia*, die sich mit Rhizoiden an der Unterlage festhaftete. Auch sie wurde sonst nicht gesehen. — Durch diese Erscheinungen kann man bei manchen Besuchen den Eindruck einer mengenmäßig reichen Algenflora bekommen, andere Male aber findet man kaum sichtbare Algenwatten, außer *Hormidium*.

Die meisten Epiphyten gehen nicht in die stärker sauren Seen. Man findet im Wollingster See nur noch *Lyngbya Kützingii*, *Chaetopeltis orbicularis*, die beiden Microthamnien und *Gomphonema angustatum var. productum*. Neu hinzu kommt *Dicranochaete reniformis*, die auf die sauren Gewässer beschränkt ist. Auf Holz wie auf lebenden und toten Schilfhalmen findet man den Vorkeim von *Batrachospermum vagum*, der sich aber anscheinend hier nicht zum *Batrachospermumpflänzchen* entwickelt (siehe S. 320).

Das Plankton spiegelt gut die schnelle Eutrophierung des Sees wieder. Vor dem Kriege war es ein reines *Botryococcus*plankton, nur einmal wurden daneben einige *Synura*kolonien und einige Peridinien gefunden. Auch nach dem Kriege herrscht *Botryococcus* und ist in jeder Probe zu finden, aber daneben ist *Staurastrum gracile* bei den meisten Besuchen





Silbersee *Aufnahme vom 27.9.53* *Wollingster See* *Aufnahme vom 27.9.53*

Abb. 4

vorhanden, und auch *Closterium setaceum, Volvox aureus, Gonyostomum semen, Arthrodesmus triangularis* und *Dictyosphaerium pulchellum* tauchen neu auf. Die Menge des Planktons nimmt zu, und im September 1950 ist es zum ersten Male zu einer ausgesprochenen Wasserblüte gekommen, bei der das Wasser des Sees von *Botryococcus* kastanienbraun war. Und als die Wasserblüte durch einen Sturm ans Land geworfen wurde, bildete die Alge hier eine dicke braune Kruste, die sich wegen des gespeicherten Öles anzünden ließ und mit heißer Flamme brannte. Die Wasserblüte hat sich bis jetzt nicht wiederholt. — Die bei dem Aufblühen als sehr häufige Begleiter auftretenden *Gloeococcus Schröteri* und *Ankistrodesmus falcatus var. mirabilis* sind bei den späteren Besuchen nicht wieder gefunden worden.

Unter den mikroskopischen Bodenbewohnern war zu Anfang *Synechococcus major* der auffälligste. Manchmal war der Sand an ruhigen Stellen auf größere Strecken durch ihn grün gefärbt. Nach dem Kriege ist er ebenso wie die „Sanddiatomee" *Tabellaria binalis* stark zurückgegangen. Besser gehalten haben sich *Chroococcus turgidus* und *Caloneis ladogensis var. densestriata*, von der schon Brockmann (1933, S. 68) annahm, daß sie nicht an so enge pH-Bezirke gebunden sei wie *Tabellaria binalis*. Neu hinzugekommen sind die im Pastorensee heimischen *Scenedesmus antennatus, Oscillatoria splendida* und *O. Borneti*. Auch *Merismopedia glauca* bildete gelegentlich makroskopisch sichtbare grüne Überzüge auf dem Sandboden.

Die Untersuchung des Metaphytons zeigt besonders augenfällig, daß die Entwicklung der Besiedlung in Richtung zu der des Pastorensees verläuft. Vor allem folgende, im Pastorensee häufig vorkommende Formen haben sich im Wollingster See während der Untersuchungspause stark vermehrt oder sind neu hinzugekommen: *Pleurotaenium Ehrenbergii* (von Häufigkeit 0 auf 2—3), *Spirotaenia condensata* (0—2), *Closterium costatum* (1—2), *Cl. Dianae!* (0—2), *Cl. venus* (0—2), *Oscillatoria tenuis* (0—3). Bei den meisten dieser Arten ließ sich beobachten, wie sie zuerst in der Nähe der Kuhtränken auftraten und sich von dort über den ganzen See verbreiteten. In geringerer Häufigkeit traten von den Formen des Pastorensees neu auf: *Characiopsis turgida, Tribonema vulgare, Ankistrodesmus falcatus, Closterium Cynthia, Cl. Kützingii, Cl. libellula, Cl. moniliferum, Cl. regulare, Cl. rostratum, Pleurotaenium trabecula, Cosmarium Regnellii, Staurastrum apiculatum, St. teliferum, Hyalotheca dissiliens, Gonatozygon Kinahani, Sphaerozosma granulatum*. Auch das im Plankton erst beim letzten Besuch gefundene, dort aber ziemlich häufige *Dictyosphaerium pulchellum* ist im Plankton nur in den stärker eutrophen Seen vorhanden. Anderseits nahmen folgende Formen ab, die in den sauren Seen zu Hause sind, im Pastorensee aber fehlen oder in ihm gleichfalls abnehmen: *Cosmarium Cucurbita* (von 2—3 auf 0), *Euastrum binale var. Gutwinskii* (2—1), *Staurastrum hirsutum* (2—0), *Spondylosium pulchellum* (2—1). — Nicht hinein in diese Entwicklung paßt eigentlich nur das fast völlige Verschwinden

des im Pastorensee ziemlich häufigen, in den saureren Seen aber fehlenden *Euastrum humerosum var. parallelum.*

Auch die Entwicklung der Kieselalgenflora zeigt im wesentlichen das gleiche. Hier vergleichen wir am besten meine Funde mit denen von Brockmann, der den See um 1930 untersuchte (Brockmann u. a. 1933). Brockmann fand 47 Diatomeenarten, in meinem Material waren 51, davon sind aber nur 29 die gleichen. Die meisten der 18 von mir nicht wiedergefundenen Arten werden von Brockmann als selten bis sehr selten bezeichnet und könnten zum Teil von mir übersehen sein. Von den häufigeren habe ich *Navicula Rotaeana* und *Pinnularia appendiculata* jetzt im Silbersee gefunden, der in seiner Entwicklung in manchen Punkten dem Wollingster See nacheilt, wie dieser dem Pastorensee. Sie werden der Eutrophierung des Wollingster Sees zum Opfer gefallen sein. — Mehr sagen hier die seit den Untersuchungen Brockmanns neu hinzugekommenen Formen aus. Es sind: *Stauroneis anceps!* (2—3), *St. phoenicenteron* (1—2), *Navicula cryptocephala* (1), *N. radiosa var. tenella* (1—2), *N. rhynchocephala* (+), *Pinnularia borealis* (+), *P. gentilis* (1), *P. legumen* (+), *P. mesolepta* (2), *P. nobilis* (+), *Cymbella microcephala* (1), *C. naviculiformis* (+), *C. turgida* (+), *C. ventricosa* (+), *Gomphonema acuminatum* einschließlich var. *coronatum* (+), *G. angustatum* var. *productum* (2), *G. parvulum* (1), *Epithemia zebra* var. *porcellus* (+), *Nitzschia dissipata* (+), *N. ignorata* (+), *Surirella elegans* (1). Es sind alles Formen, die ihr Hauptverbreitungsgebiet im Pastorensee oder den noch mehr eutrophen Seen haben.

Bei der Aufzählung der konstanteren Formen des Metaphytons beschränke ich mich wieder auf die wichtigeren Arten:

Merismopedia glauca	3—4	*Closterium intermedium*	2—3
Chroococcus minutus!	1—2	*Cl. striolatum*	2—3
Rhipidodendron Huxleyi!	2—3	*Tetmemorus laevis!*	2—3
Chilomonas Paramaecium	2—3	*Euastrum ansatum!*	2—3
Cryptomonas erosa	1—2	*Micrasterias truncata*	2—3
Cr. ovata	1—2	*Closterium lunula*	2
Gloeodinium montanum	2	*Cl. parvulum*	2
Euglena mutabilis!	3—4	*Cl. pronum*	2
Trachelomonas volvocina	2—3	*Cl. setaceum*	2
Phacus acuminatus!	2	*Euastrum binale* +v	2
Euglena polymorpha	1—2	*Micrasterias Thomasiana*	
Eu. splendens	1—2	var. *notata*	2
Trachelomonas hispida	1—2	*Staurastrum punctulatum*	2
Tr. oblonga	1—2	*Penium spirostriolatum*	1—2
Menoidium incurvum	1—2	*Closterium abruptum!*	1—2
Euglena truncatula	1	*Cosmarium tumidum*	1—2
Peranema granuliferum!	1	*Eunotia rhomboidea*	3—4
Heteronema leptosomum	1	*Eu. lunaris*	3
Asterococcus superbus	1—2	*Frustulia rhomboides* var.	
Scenedesmus dispar!!	1	*saxonica*	2—3
Cylindrocystis Brébissonii	3—4	*Caloneis ladogensis* var.	
Netrium digitus	2—3	*densestriata*	2—3

Pinnularia microstauron +v	2—3	*Navicula minima* var. *atomoides!*	2
P. subcapitata var. *Hilseana*	2—3	*Pinnularia gibba*	2
P. viridis	2—3	*P. interrupta*	2
Nitzschia palea	2—3	*Eunotia pectinalis* +v	1—2
Eunotia exigua	2	*Surirella linearis* +v	1—2
Eu. veneris	2		

Wie schnell die Eutrophierung des ganzen Sees fortschreitet, geht auch aus der starken Vermehrung der Gesamtartenzahl seiner Algen hervor. In der Untersuchungszeit vor dem Kriege fand ich — ohne Kieselalgen — 86 Arten, nachher 144 Arten. Die Artenzahlen der Kieselalgen — 47 um 1930 von Brockmann, 51 jetzt von mir gefundene Arten — geben kein wahres Bild von der Entwicklung dieser Gruppe, da ich nicht alle ihre Habitate mehr mit gleicher Ausführlichkeit untersuchen konnte.

f) Der Silbersee
(Abb. 4 auf S. 257)

Der Silbersee liegt 6 km nordwestlich des Wollingster Sees, am Nordostrande des Bülter Hochmoores. Er wird im Westen und Süden von diesem Hochmoor begrenzt, im Norden und Osten von Geestheide, die zum Teil Äcker trägt. Natürliche Zuflüsse sind nicht vorhanden, der einzige Abfluß, im Südosten, lag bei jedem Besuch trocken. Etwa 100 m südlich des Sees ist ein Entwässerungsgraben für das Bülter Moor gezogen, auf den dann Viehweiden folgen. Eine Viehtränke ist am See. Im übrigen ist mit einem gewissen Kultureinfluß auch von den Äckern nördlich und östlich des Sees sowie von zwei Wohnhäusern in der Nähe des Sees zu rechnen. Er hat sich hier aber nicht so stark ausgewirkt wie im Wollingster See. Das pH, das zu Beginn der Untersuchungen wie bei jenem 4,2 betrug, war noch 1950 unter 5,0. Eine letzte Messung 1953 zeigte allerdings am Ufer 5,7. Der Gehalt an Ca stieg von 2,6 auf 6,9 mg/l. Ein Kiefernwäldchen grenzt im Südosten, ein Wäldchen aus Birken, Faulbaum und Weiden im Nordwesten an den See. Im übrigen hat das Ufer eine sehr reiche Flora. Fast rings um den See zieht sich ein dichter Gürtel von *Myrica gale*, der hier und da von Birken und Faulbaum durchsetzt ist. Im ganzen Westen und Süden geht Schaukelmoos, meist *Sphagnum recurvum*, bis unmittelbar ans Ufer.

Auch die Phanerogamenflora des Sees selbst ist ungleich mächtiger als die des Wollingster Sees. Ein dichter, etwa 10—30 m breiter Röhrichtgürtel begleitet das ganze Moorufer. Er besteht aus *Typha angustifola*, die die früher vorhandenen *Phragmites* und *Scirpus lacustris* fast ganz verdrängt hat. Vor ihm her zieht sich eine breite Zone mit *Nymphaea* und *Nuphar*, während *Potamogeton* anscheinend ganz fehlt. — Auf der Geestseite besteht der Boden bis in gut 1 m Tiefe aus reinem Sand, dann kommt Sand mit Schlamm und ab 3 m bis zur Höchsttiefe von 11,5 m reiner Schlamm, der sich auch bis zum Moorufer hinzieht. Auf den sandigen Stellen herrscht die Flora des Wollingster Sees: Ein dünner Flaum von *Heleo-*

charis und *Carex*, dichte Wiesen von *Litorella* und *Lobelia*, wobei auch hier die letztere deutlich im Abnehmen ist. Die beiden gehen hier aber nur bis in etwa 1/2 m Tiefe, während die folgende Zone bis etwa 1 1/2 m mit einem ebenso dichten Rasen von *Isoëtes lacustris* bedeckt ist. An etwas schlammigeren Stellen des Bodens, aber auch auf Phanerogamen bis in Wasserspiegelhöhe siedelt *Drepanocladus*, vor allem *D. fluitans var. setiformis* und *D. exannulatus* einschl. *var. submersus*. Auch sie bildeten stellenweise Unterwasserwiesen, sind aber zur Zeit im Rückgang begriffen.

Im scharfen Gegensatz zu dieser reichen Entwicklung der höheren Pflanzen ist die Algenflora mengenmäßig äußerst ärmlich. In fünf von zehn Besuchen habe ich im Wasser des Sees mit bloßen Augen keine Algen gesehen, die anderen Male meist nur ganz kleine und vereinzelte Watten. Nur im Frühling hat das sandige Ufer manchmal einen schwachen Saum von *Stigeoclonium tenue* und *Ulothrix tenerrima*. *Tabellaria flocculosa* vermehrt sich zwar zeitweise stärker, ich habe aber makroskopisch keine Kieselalgenblüte bemerkt. *Hormidium subtile* kommt nur ganz vereinzelt vor, ebenso *Oedogonium*. *Bulbochaete* und *Zygnema* wurden gar nicht gefunden, *Spirogyra* nur beim letzten Besuch in einigen Fäden, während die allgegenwärtige *Mougeotia* auch hier etwas häufiger ist. Am Torfmoosrand findet sich manchmal ein Neuston von *Euglena polymorpha*, das für die Torfmoosseen der hiesigen Gegend kennzeichnend ist und Decken von vielen Quadratmetern Größe bilden kann. — Die dem See unmittelbar benachbarten Gräben, Pfützen und Torfstiche können — vor allem im Frühling — große Watten von *Microspora stagnorum*, *M. Willeana* und *Ulothrix variabilis* tragen.

Die Zahl der Epiphyten ist nicht groß. Die beiden *Microthamnion*-Arten, *Chamaesiphon minutus* und *Characiopsis turgida* wurden in geringeren Häufigkeiten gefunden. Zwischen den Torfmoosblättern lebt *Frémyella tenera*, die anscheinend charakteristisch für dieses Habitat ist. Ganz vereinzelt kommt auch der für den Wollingster See genannte Vorkeim von *Batrachospermum* vor.

Das Plankton ist so ärmlich, wie das des Wollingster Sees zu Beginn unserer Untersuchungen war. Auch es ist ein ausgesprochenes *Botryococcus*-Plankton. Diese Alge wurde nur in einem Besuche, unter dem Eise, nicht gefunden, wenn sie auch nicht ganz so häufig wie im Wollingster See auftritt. Zeitweise ist auch sie mehr im Litoral als im Plankton. Neben ihr fand sich *Closterium setaceum* in vier von zehn Besuchen, im weiteren kein Plankter mehr als in einem Besuch. *Ankistrodesmus falcatus* erschien kurz nach der Wasserblüte im Wollingster See in großer Häufigkeit, wie auch sonst das Neuauftreten einer Alge in einem der beiden Seen mehrfach das Erscheinen im anderen nach sich zog. *Dictyosphaerium pulchellum*, in den eutrophen Seen ein ausgesprochener Plankter, fand sich einmal ziemlich häufig im Plankton, mehrfach nicht selten im Litoral.

Die Bodenformen der sandigeren Teile (der Schlamm hat keine autotrophen Algen) sind eine Auslese aus denen des Wollingster Sees. Nur die beiden „Sanddiatomeen" *Tabellaria binalis* und *Caloneis ladogensis var. densestriata* sind wesentlich häufiger als dort, da die Eutrophierung ja hier längst nicht so weit fortgeschritten ist. *Chroococcus turgidus* kommt etwa in gleicher Häufigkeit wie in jenem vor. Daneben trifft man vereinzelt *Merismopedia glauca,* die in den beiden in unserer Reihe benachbarten Seen, die aber beide Klarwasserseen sind, sehr häufig ist. *Synechococcus major* und die auch hier erst nach dem Kriege eingewanderte *Oscillatoria splendida* fanden sich zwar nicht in den Bodenproben, aber hier und da zwischen den Pflanzen des Litorals.

Das Metaphyton des Sees ist reicher und selbständiger, als man nach dem Vorhergehenden erwarten sollte, zumal es durch das Fehlen der größeren Algenwatten nur zwischen Moosen und in Unterwasserwiesen Wohnraum findet. Es ist trotz des zwiespältigen Charakters des Sees als Sand- und als Moorsee an allen Stellen durchaus einheitlich. Nur die Torfmoosrasen des Moorufers haben ihre eigene Flora. Das Metaphyton besteht aus Diatomeen, Desmidiaceen und Flagellaten, während die Protococcales (wie auch schon im Wollingster See) so gut wie ganz fehlen. Hier sind die Moor- und Sanddiatomeen, die Brockmann (1933, S. 63 ff.) für den Wollingster See aufzählt, jetzt reiner und wesentlich reichlicher vorhanden als dort. Hinzu kommen die Desmidiaceen und Flagellaten der moorigen Gebiete, so daß sich im ganzen noch eine leidliche Zahl von Algen für den See ergibt. Die Veränderungen im Bestande des Metaphytons sind wesentlich geringer als im Wollingster See. Sie gehen — wie auch bei den Formen der anderen Lebensbereiche — in Richtung zum Wollingster See hin oder parallel mit ihm. Wie in jenem, so sind auch hier während der Untersuchungspause neu aufgetreten: *Closterium venus* (Häufigkeit 2—3), *Cl. costatum* (2), *Cl. nematodes* var. *proboscideum!* (2), *Cl. Cynthia* (1—2), *Cl. moniliferum* (1), *Ankistrodesmus falcatus* +v (1—2), *Oscillatoria tenuis* (1). In Angleichung an den alten Bestand des Wollingster Sees erschienen neu: *Micrasterias Thomasiana* var. *notata* (2), *Trachelomonas oblonga* (1—2), *Tr. Stokesiana* (1). — Beim letzten Besuche hatte sich der im Wollingster See am gleichen Tage zum ersten Male gefundene *Arthrodesmus triangularis* so stark vermehrt, daß er in jeder Probe massenhaft vorkam und stellenweise makroskopisch sichtbare Überzüge bildete, ähnlich wie *Staurastrum cuspidatum* in den Sager Meeren.

Als weitere Vertreter des Metaphytons sind zu nennen:

Rhipidodendron Huxleyi	2—3	*Cyclidiopsis acus!*	1—2
Chilomonas Paramaecium!	3	*Tropidoscyphus falcatus!*	2
Cryptomonas ovata	2—3	*Anisonema prosgebium*	1—2
Gloeodinium montanum	1—2	*Trochiscia granulata!!*	1
Euglena mutabilis!	3—4	*Cylindrocystis Brébissonii*	3
Trachelomonas volvocina	2—3	*Closterium setaceum!*	3
Euglena acus var. *hyalina*	1—2	*Cl. intermedium fa.!!*	2—3

Tetmemorus laevis!	2—3
Cosmarium amoenum v. *mediolaeve!!*	2—3
Spondylosium pulchellum	2—3
Netrium digitus	2
Closterium intermedium	2
Tetmemorus Brébissonii	2
Euastrum binale +v	2
Staurastrum hirsutum	2
St. margaritaceum	2
Closterium navicula	1--2
Cl. pronum	1--2
Micrasterias Thomasiana	1
Cosmarium depressum var. *reniforme!*	1
Eunotia rhomboidea	3—4
Frustulia rhomboides + var. *saxonica!*	3—4
Nitzschia palea!	3—4
Eunotia exigua	3
Eu. lunaris	3
Eu. pectinalis +v	3
Pinnularia subcapitata var. *Hilseana*	2—3
Nitzschia gracilis!	2—3
Achnanthes lapponica!	2
Navicula minima var. *atomoides!*	2
Pinnularia microstauron +v	2
Cymbella microcephala	2
Gomphonema angustatum var. *productum*	2
Eunotia trinacria!	1—2
Eu. veneris	1—2
Eu. praerupta!	1
Eu. robusta var. *diadema*	1

g) Der Große Bullensee
(Abb. 5 auf S. 267)

Die beiden Bullenseen liegen 50 km ostwärts Bremens auf der hohen Geest südlich der Wümmeniederung. Sie werden im Norden und Osten von sandigem Kiefernwald begrenzt, während im Süden und Westen verheidendes Hochmoor an die Seen tritt. Natürliche Zuflüsse sind nicht vorhanden, ein Verbindungsgraben zwischen den Seen liegt meist trocken, ich habe niemals strömendes Wasser in ihm gesehen, während der Abflußgraben des großen Sees zur Rodau zur Zeit des Frühlingshochwassers fließt.

Ein Einfluß des Moores auf den Großen Bullensee ist nicht zu spüren. Er hat sehr klares, ungefärbtes Wasser (Sichttiefe 300—360 cm) und den geringsten Permanganatwert aller untersuchten Seen. Ebenso ist er der ärmste an Salzen (er hat den geringsten Glührückstand). Die pH-Messungen ergaben vor wie nach dem Kriege Werte zwischen 4,0 und 4,8. Nach dem Kriege hat ein reger Badebetrieb eingesetzt, der sich aber auf die ökologischen Verhältnisse bis jetzt weniger auswirkt als etwa die Viehweiden an den anderen Seen.

Der Boden des großen Sees besteht bis in etwa 2 m Tiefe aus reinem Sand, wird dann mit Schlamm durchsetzt und hat in der Tiefe nur Schlamm. Der Sauerstoffgehalt sinkt in der Tiefe bis auf 0.

Die Vegetation ist die ärmlichste aller untersuchter Seen. Röhricht ist nicht vorhanden. *Litorella, Lobelia* und *Isoëtes* werden in beiden Bullenseen nicht mehr gefunden. Das West- und das Südufer des großen Sees trägt einen Flaum von *Heleocharis palustris,* der sich — wohl als erstes Zeichen beginnender Eutrophierung — in den letzten Jahren allerdings stark verdichtet hat. Das Ost- und das Nordufer steht unter Wellenschlag. Der Sand hat Rippelmarken und ist ganz frei von Bewuchs bis auf eine

Stelle hinter einer flachen Sandbank, wo in ruhigerem Wasser ebenfalls *Heleocharis* wächst. Im Nordwesten ist in ½ m Tiefe eine größere Wiese von *Drepanocladus exannulatus* und *D. fluitans*, die sich in letzter Zeit stark ausgebreitet hat. Auch andere Stellen des Sees werden allmählich mit *Drepanocladus* besiedelt, und in einer Tiefe von zwei bis fünf Metern sind gleichfalls dichte *Dreplanocladus*-Wiesen. Im Westen und Süden ist am Ufer reichlich *Sphagnum recurvum*, und an der Südspitze geht *Sphagnum cuspidatum* ins freie Wasser hinein. Dort findet man auch häufig das schon vom Silbersee bekannte Neuston von *Euglena polymorpha*. An muddigen Stellen hier ist der Wohnraum zahlreicher farbloser Eugleninen.

Der Armut an höheren Pflanzen entspricht die der makroskopischen Algen. Eine gewisse Kieselalgenblüte ist allerdings im Frühjahr vorhanden. Sie wird gebildet von *Eunotia*-Arten, *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* und — merkwürdigerweise — der sonst nur in stärker eutrophen Gewässern häufigen *Tabellaria fenestrata*, während *Tabellaria flocculosa* in die beiden ärmsten Seen kaum noch hineingeht. Im übrigen findet man bei manchen Besuchen fast gar keinen Behang, dann wieder, vor allem in den letzten Jahren, etwas mehr. Er besteht meist aus sterilen *Mougeotia*-Arten, darunter wieder einer mit Haftorganen, aus dünnfädigen Oedogonien, *Ulothrix tenerrima, U. variabilis, Microspora pachyderma*. Vor dem Kriege war die nachher fast verschwundene *Binuclearia tectorum* eine der häufigsten Arten. Auf dem Sandboden kommt vereinzelt auch *Hormidium subtile* vor. *Spirogyra, Bulbochaete* und *Zygnema* wurden in den beiden Bullenseen nicht mehr gefunden. — Bei weitem die größte Menge an sichtbaren Algen trugen wieder die kleinen Gräben in der Nähe des Sees, die manchmal ganz bedeckt waren mit Watten von *Microspora stagnorum, M. pachyderma* und *Mougeotia sp.* Hier war auch ein reicher Fundort von *Protoderma viride*.

Als Epiphyten wären wieder die beiden *Microthamnion*-Arten zu nennen, dann *Dicranochaete reniformis* und der auch hier vereinzelt gefundene Vorkeim von *Batrachospermum vagum*.

Auch das Plankton ist äußerst ärmlich. Bei manchen Besuchen war nichts oder fast nichts im Netz oder im Filtrat. *Botryococcus Braunii* wurde zwar in sechs von zehn Besuchen gefunden, aber so vereinzelt, daß man das Plankton eher als Chrysophyceenplankton bezeichnen könnte nach den einige Male in Mengen gefundenen *Dinobryon divergens* und *D. pediforme*. Außerdem waren *Dictyosphaerium pulchellum* und *Synura uvella s. lat.* nicht selten, aber mehr zwischen Watten als im Plankton.

Als Bodenbewohner sind stellenweise nicht selten *Chroococcus turgidus* und vor allem *Merismopedia glauca*, die hier das Maximum ihrer Häufigkeit hat, weiter *Tabellaria binalis*, während die etwas mehr eutraphente *Caloneis ladogensis var. densestriata* nicht mehr gefunden wurde. Auch *Synechococcus* kommt in den Bullenseen nicht mehr vor. Zu er-

wähnen wäre noch das merkwürdige *Chlorogonium curvicauda,* das sich mit seinem abgekrümmten Hinterende an Sandkörnchen festhaftet. (Siehe S. ....)

Das Metaphyton bringt wieder die Hauptmenge der Arten. Eine Reihe von ihnen hat hier ihr Häufigkeitsmaximum. *Drepanocladus, Sphagnum* und Algenbehänge bilden seinen Wohnraum. Ich möchte das Metaphyton im einzelnen aber im Vergleich mit dem des kleinen Bullensees besprechen (siehe S. 266). Über die Besiedlung der tiefer liegenden *Drepanocladus*-Wiesen vergleiche S. 294.

h) Der Kleine Bullensee
(Abb. 5 auf S. 267)

Der Kleine Bullensee liegt 400 m nordwestlich vom Großen. Der Verbindungsgraben zwischen beiden hat anscheinend nie fließendes Wasser. Die Untergrundverhältnisse und die Begrenzung sind wie beim Großen See. Seine größte Tiefe ist etwas geringer (9 statt 11 m). An Salzen ist er fast so arm wie jener, im besonderen ist der Gehalt an Kalzium-Ionen (3,8 mg/l statt 3,0) und an Magnesium-Ionen (4,0 statt 3,0) nur unwesentlich höher. Das pH war vor dem Kriege 4,0—4,5, nachher 4,1—4,6, einmal 5,0, also praktisch dem des Großen Bullensees gleich, wobei auch die stets an den gleichen Tagen gemachten Messungen beider Seen jeweils höchstens um einige Zehntel-pH-Einheiten differierten. Wohl durch einen stärkeren Einfluß des benachbarten Moores ist der Kleine Bullensee aber fast ein ausgesprochener Braunwassersee: die Seenfarbe nach Forel-Uhle ist 16—18 statt 13 beim Großen See, die Wasserfarbe entspricht mehr als 160 mg Pt statt 10 mg (der Große Bullensee hat den niedrigsten, der Kleine Bullensee den höchsten Platinwert aller darauf untersuchten Seen), die Sichttiefe ist stets nur gut ein Drittel der des Großen Sees und der Permanganatverbrauch war vier- bis zwölfmal so groß wie dort, der Glühverlust dreimal so groß. — Wohl im Zusammenhang mit diesen Dingen entstanden wesentliche Unterschiede in der Besiedlung, die uns hier zeigen, wie weit diese auch von anderen Faktoren als dem pH und den mit ihm gekoppelten abhängt. — Gebadet wird im Kleinen See nicht, von zwei Sommerhäusern an seinem Ufer möchte aber ein geringer eutrophierender Einfluß ausgehen.

Auch beim Kleinen See ist das Röhricht ersetzt durch einen ähnlich lockeren Flaum von Heleocharis und Carex, Schwimmblattpflanzen fehlen hier wie dort, an einer Stelle ist aber ein größerer Bestand von *Scirpus lacustris.* Die großen Torfmoosrasen um den See sind weit mächtiger ausgebildet und stärker durchsetzt mit *Vaccinium oxyococcus, Molinia coerulea* und *Eriophorum angustifolium.* Im Wasser selbst sind bis in 2 m Tiefe dichte Wiesen von *Cephalozia fluitans* und *Sphagnum cuspidatum,* die das Bootsfahren erschweren und nur an ganz wenigen Stellen einige Quadratdezimeter des Sandbodens freilassen. Ganz vereinzelt findet sich da-

zwischen auch *Drepanocladus exannulatus.* — Im ganzen ist hier eine ungleich mächtigere Menge organischer Substanz vorhanden als im großen See.

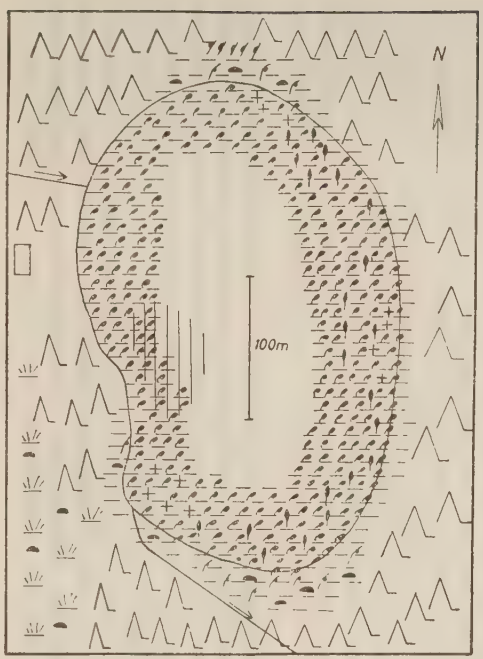
Die makroskopisch sichtbaren Algen sind aber viel schwächer entwickelt als in diesem. Ähnlich wie im Silbersee sieht man bei den meisten Besuchen keine oder nur ganz vereinzelt kleine Watten von Algen, meist Mougeotien oder *Oedogonium Itzigsohnii,* selten daneben *Binuclearia tectorum* oder *Microspora stagnorum,* die sich wohl aus den benachbarten Gräben hierher verirrt haben, einmal auch *Ulothrix tenerrima.* Eine Frühlingsflora von Grünalgen gibt es nicht, während die Kieselalgen um diese Zeit mit *Eunotia lunaris, Eu. exigua* und vor allem *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* eine gewisse Blüte erleben. Die letzte Art wird überhaupt in jeder Probe gefunden und hat hier ihr Häufigkeitsmaximum, allerdings fand ich sie in den stärker sauren Seen nicht mehr in den typischen Gallertschläuchen.

Der häufigste Epiphyt ist *Microchaete tenera,* die zwischen Torfmoos ihren eigentlichen Lebensraum hat. Daneben finden sich vereinzelt *Myxochloris sphagnicola, Protoderma viride* und wieder die beiden Microthamnien.

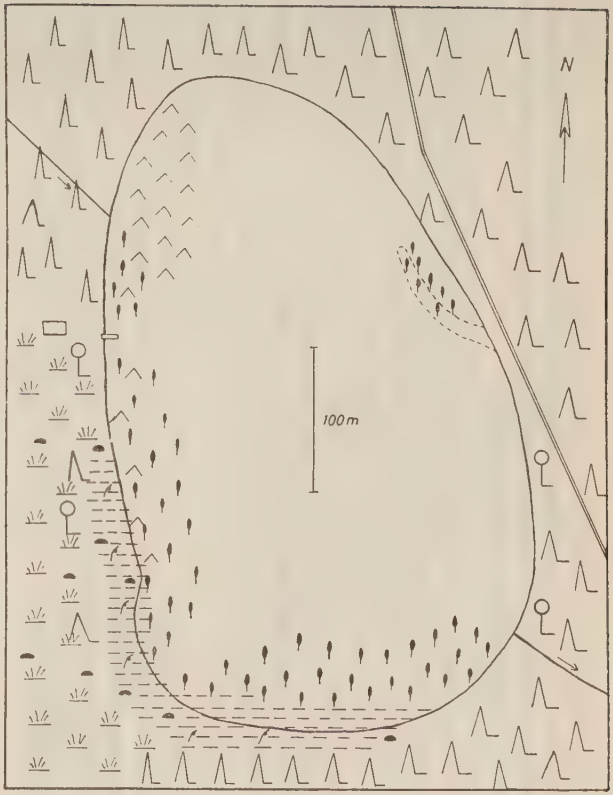
Das Plankton ist im ganzen wohl etwas reicher als im Großen See; allerdings liegt das zum Teil mit an dem Auftreten von Tychoplanktern, die einen reichen Lebensraum zwischen den Unterwasserwatten haben, aber im Plankton, vor allem über der Uferbank, häufiger mit gefunden werden: *Cryptomonas ovata, Staurastrum aciculiferum, St. dejectum, St. inconspicuum* sowie *Arthrodesmus incus* in mehreren Formen. Kennzeichnender sind *Dinobryon divergens* und *D. pediforme,* die wie im Großen See nur einige Male, da aber als Massenformen gefunden wurden. Man müßte das Plankton der Bullenseen als Chrysomonadinenplankton bezeichnen, wenn diese Gruppe nicht immer nur kurze Zeit im Jahre auftreten würde. Hinzu kommt das im Großen See fehlende, hier aber nicht seltene *Gonyostomum semen,* das anscheinend moorige Gewässer bevorzugt. *Botryococcus* wurde kaum noch gefunden. Nur zwei Tychoplankter wurden in mehr als der Hälfte aller Besuche gefunden. Berücksichtigt man nur die Fänge über der Seemitte, so entfallen auch diese beiden. — Auch das tierische Plankton ist schwach entwickelt, vor allem Rädertiere wurden fast gar nicht gefunden.

Für mikroskopische Bodenformen ist bei dem dichten Bewuchs mit Moosen hier kaum Platz. An den wenigen freien Sandstellen leben *Chroococcus turgidus, Merismopedia glauca* und *Tabellaria binalis* etwa in gleicher Dichte wie im Großen See.

Für das Metaphyton bilden die dichten Unterwasserwiesen reiche Siedlungsmöglichkeit, die auch ausgenutzt wird. Desmidiaceen, Diatomeen und Flagellaten bilden seine Hauptmenge. Die Verteilung des Metaphytons im See soll später besprochen werden (siehe S. 296). Hier wollen



Kleiner Bullensee



Grosser Bullensee

Abb. 5 Beide Aufnahmen vom 13.9.53

wir es vor allem mit dem des Großen Bullensees vergleichen. Wir sehen dabei klar, welche Unterschiede in zwei dicht nebeneinander liegenden Seen bei gleichem pH und etwa gleichen Salzverhältnissen durch die verschiedene Humosität zustandekommen.

Die Flagellaten sind in beiden Seen etwa gleich häufig und mit den gleichen Arten vertreten, da es sich hier vor allem um Formen handelt, die in den Torfmoosrändern leben und dadurch in beiden Seen etwa die gleichen Lebensbedingungen haben. (Die Flora der Torfmoosränder weicht oft von der des übrigen Sees ab, während das Torfmoos im freien Wasser das typische Metaphyton des Sees besitzt.) Am häufigsten ist *Cryptomonas ovata*, der in diesen beiden Seen sein Häufigkeitsmaximum hat (3—4). Weiter wurden gefunden (zunächst die Häufigkeit im Großen, dann im Kleinen See):

Synura uvella	2, 1—2	*Eu. polymorpha!*	3, 2—3
Cryptomonas erosa	1—2, 1—2	*Trachelomonas volvocina*	2, 1—2
Cr. tetrapyrenoidosa!!	1—2, 2	*Peranema trichophorum*	1, 1
Gloeodinium montanum	1, 2	*Cyclidiopsis acus*	1, 0
Chilomonas Paramaecium	2, 1	*Heteronema acus*	1, 1
Eualena acus var. *hyalina*	1—2, 0	*H. scaphurum*	1—2, 1—2
Eu. intermedia	1—2, 0	*Tropidoscyphus falcatus*	2, 1
Eu. mutabilis	3, 2—3	*Carteria multifilis*	0, 1—2

Wesentlich anders sind die Verhältnisse bei den Desmidiaceen, Diatomeen und den wenigen vorhandenen anderen Formen. *Staurastrum punctulatum* (3—4), *St. hirsutum* (3) und *Closterium striolatum* (3) erreichen im Großen Bullensee ihr Häufigkeitsmaximum, sie sind in den 151 Proben dieses Sees schätzungsweise mehrere hundert- bzw. hundert- bis zweihundertmal gesehen worden, während sie in keiner der 102 Proben des Kleinen Sees gefunden wurden. *Eunotia rhomboidea* hat hier ebenfalls ihr Maximum (4, also wohl gegen 1000 Exemplare), während im Kleinen See 4 Zellen gefunden wurden. Weiter sind im Großen See häufiger: *Closterium intermedium* (2—3, 0) *Dictyosphaerium pulchellum* (2—3, 1—2), *Pinnularia viridis* (1—2, eine Zelle), *Arthrodesmus tenuissimus* (1—2, 0), *Micrasterias truncata* (3, 2, nach dem Kriege in beiden Seen fast verschwunden).

Umgekehrt ist *Staurastrum inconspicuum* (3), *Cosmarium pygmaeum* (2), *C. subtile* (1—2), *Oocystis parva* (2) von allen Seen überhaupt nur im Kleinen Bullensee gefunden. Weiter haben dort ihr Häufigkeitsmaximum: *Arthrodesmus incus var. extensus* (3), *Tetmemorus Brébissonii* (3), *Oocystis solitaria* (3), *Staurastrum margaritaceum* (3), *St. aciculiferum* (3—4) und *Eunotia exigua* (3—4). Nur von den drei letzten darunter sind je zwei bis zehn Exemplare auch im Großen See gefunden. Darüber hinaus sind im Kleinen See häufiger: *Staurastrum furcatum* (1, 2—3) und *Xanthidium antilopaeum* (0, 1—2).

Es liegt nahe, anzunehmen, daß wir in der ersten Gruppe die Formen vor uns haben, die gegen Humussubstanzen empfindlich sind, in der zweiten aber diejenigen, die Humusgewässer für ihr Gedeihen verlangen. Im allgemeinen wird das auch zutreffen, doch sind für jede Art noch weitere Untersuchungen nötig; denn es sind in einigen Fällen im Großen Bullensee nach dem Kriege Formen des Kleinen Sees neu aufgetreten, ohne daß sich in einem der beiden Seen die Humositätsverhältnisse merklich geändert hätten. Es handelt sich um *Gymnozyga moniliformis, Staurastrum Simonyi* und *Tetmemorus laevis,* die alle drei im Großen See vor dem Kriege fehlten, nachher aber die Häufigkeit 2—3 erreichten, während sie im Kleinen See vorher wie nachher die Häufigkeiten 3, 2—3, bzw. 2 hatten. Vielleicht ist (ob durch die Humosität?) im Kleinen See ein etwas höherer Trophiezustand vorhanden, dem sich der Große See allmählich etwas angleicht. Die Menge der Salze ist im Kleinen See ja deutlich etwas höher als im Großen.

Die letzte Gruppe umfaßt die Formen, die in beiden Seen etwa gleich häufig sind oder wo die Gesamthäufigkeit so gering ist, daß sich nichts Sicheres über die Bevorzugung eines Sees aussagen läßt. Für die häufigeren dieser Arten würde also der Humositätsfaktor unwesentlich sein. Es wird wieder zunächst die Häufigkeit im Großen, dann die im Kleinen Bullensee genannt:

Asterococcus superbus	1, 0	*Staurastrum dejectum!!*	2—3, 2—3
Closteriospira lemanensis!!	0, 1	*St. teliferum*	1, 0
Cylindrocystis Brébissonii	3, 2—3	*Spondylosium pulchellum*	2—3, 3
C. crassa	1, 0	*Eunotia formica*	1, 0
Netrium digitus	1, +	*Eu. lunaris*	3, 3—4
Penium spirostriolatum	0, 1	*Eu. trinacria*	+, 1—2
Closterium pronum	2, 2	*Frustulia rhomboides* var. *saxonica!*	4, 4—5
Euastrum binale +v	3, 2—3	*Pinnularia subcapitata* var. *Hilseana*	1—2, 2
Cosmarium cucurbita!	3—4, 3	*Nitzschia subtilis!!*	0, 1
Arthrodesmus incus fa. *minor!*	1—2, 2		
A. phimus var. *occidentalis!!*	1. 0		

Auch der Vergleich der Gesamtartenzahlen an Algen zeigt den großen Unterschied in den ökologischen Verhältnissen der beiden Seen: von 108 Arten im Großen Bullensee sind 46 = 42,6 % nicht im Kleinen See gefunden, von den 109 Arten des Kleinen Sees sind 47 = 43,1 % nicht im Großen See gefunden. Wenn man damit die ähnlich zueinander gelegenen Sager Meere vergleicht, bei denen das pH fast gleich ist und die Humositätsverhältnisse ähnlicher sind als hier, so haben wir dort von 397 Arten des Großen Meeres nur 92 = 23,2 % nicht im Kleinen und von den 384 Arten des Kleinen Meeres 79 = 20,6 % nicht im Großen.

3. *Die Algen in den Seen*

a) Die Gesamtartenzahlen

Insgesamt wurden 813 Algenarten in 953 Formen gefunden. Davon sind:

	Arten	Varietäten	Formae	Gesamt
Bacteriophyta	9 = 1,1 %			9
Cyanophyta	85 = 10,5 %	4		89
Zooflagellata	14 = 1,7 %			14
Chrysophyceae	15 = 1,8 %			15
Heterocontae	31 = 3,8 %			31
Cryptomonadineae	10 = 1,2 %			10
Dinophyceae	17 = 2,1 %			17
Rhodophyta	5 = 0,6 %			5
Euglenophyta	81 = 10,0 %	5		86
Volvocineae	15 = 1,8 %			15
Tetrasporineae	13 = 1,6 %			13
Protococcineae	75 = 9,3 %	9		84
Ulotrichineae	61 = 7,5 %	1		62
Charophyceae	2 = 0,3 %			2
Zygnemales	12 = 1,5 %			12
Desmidiales	182 = 22,3 %	46	1	229
Diatomeae	186 = 22,8 %	65	9	260
Summe	813	130	10	953

Die Kieselalgen bilden mit 22,8 % aller Arten die größte Gruppe. Ihre Zahl ist in Wirklichkeit wohl noch etwas höher, da sie doch nicht mehr so eingehend wie die übrigen Algen untersucht werden konnten. (Auch die Dinoflagellaten wurden erst seit dem Erscheinen von Huber-Pestalozzis Werk [1950] eingehender bearbeitet.)

Dann folgen die Desmidiaceen. Auch bei ihnen bringt Homfeld (1929) für Nordwestdeutschland wesentlich größere Artenzahlen. Doch liegt der Unterschied hier daran, daß die Desmidiaceen in den Seen tatsächlich weniger häufig sind. Sie bevorzugen kleinere Gewässer. — Die wichtigste Gattung ist bei uns *Closterium*. Sie ist zwar nur mit 45 Arten vertreten, während *Cosmarium* 47 hat, aber mit Einschluß der Varietäten und Formae kommt man auf 63 Formen gegenüber 56 bei *Cosmarium*, weiter sind die einzelnen Arten in den Seen verbreiteter als die Cosmarien: jede *Closterium*-Art kommt durchschnittlich in 3,7, jede *Cosmarium*-Art nur in 2,7 Seen vor, und schließlich sind die Closterien in den einzelnen Seen selbst ungleich häufiger als die mehr vereinzelt auftretenden Cosmarien. Die Gattung *Closterium* scheint im ganzen mehr an die sauren Gewässer angepaßt zu sein und geht in die Seen hinein, während *Cosmarium* zwar einzelne stark azidophile Arten hat, im ganzen aber mehr in der Nähe des Neutralpunktes seinen Lebensraum findet oder aber kleinere Gewässer bewohnt.

Außerdem ist es sehr auffällig, daß mit unseren 45 *Closterium*-Arten etwa die Hälfte aller beschriebenen Arten dieser Gattung in unseren Seen

vorkommen, während nur etwa ein Zwanzigstel der bekannten *Cosmarium*- und *Staurastrum*-Arten gefunden wurden und ein ähnliches Verhältnis bei den übrigen Desmidiaceen besteht. Da man bei algenfloristischen Arbeiten aus den verschiedensten Ländern ein ähnliches Hervortreten der Closterien findet, muß man annehmen, daß diese Gattung in besonders hohem Maße Kosmopolit ist (siehe auch MESSIKOMMER 1938, S. 401).

b) Verteilung der Gruppen auf die Seen

Das Kurvenbild S. 273 und die Tabelle S. 272 zeigen die Verteilung der wichtigeren Algengruppen auf die einzelnen Seen. Auf den Abdruck der großen Tabelle, die das Vorkommen der einzelnen Arten in den Seen angibt, mußte verzichtet werden. Doch ist im systematischen Teil bei jeder Art ihr Vorkommen angegeben.

Die beiden für die Gesamtartenzahl der Algen in den Seen entscheidenden Gruppen sind fast immer Kieselalgen und Desmidiaceen. Daher finden wir die höchsten Artenzahlen (397 bzw. 384 Arten) im Gebiet des neutralen bis schwach sauren Wassers, wo die Desmidiaceen ihr Maximum erreichen, während die eutraphenten Kieselalgen noch nicht zu sehr abgenommen haben. Von da fällt die Kurve zum alkalisch-eutrophen Zwischenahner Meer schwach, nach der sauren Seite hin stark und — bis auf einen Knick beim Everser See — gleichmäßig ab bis zu den extremen Bullenseen, wo nur 108 bzw. 109 Arten gezählt wurden.

Die Artenzahl der Kieselalgen fällt fast gleichmäßig mit dem pH. Sie haben also ihre Hauptentwicklung im Zwischenahner Meer, wo sie im Litoral neben den Grünalgen die Massenformen bilden, während im Plankton die Blaualgen herrschen. In diesem See haben sie 37 % der Gesamtartenzahlen an Algen, und 64 % aller überhaupt gefundenen Kieselalgenarten kommen auch hier vor. — Nicht ganz geklärt ist der starke Rückgang der Gruppe im Pastorensee, der aber aus der Artenzahl kaum zu ersehen ist, sondern die Menge der Individuen betrifft. — Der Kleine Bullensee hat deutlich mehr Arten als der Große. Es handelt sich aber hier oft um sehr vereinzelt gefundene Formen, so daß man daraus nicht auf eine Bevorzugung dieses Sees durch die Kieselalgen schließen kann.

Besonders eutraphent unter den Kieselalgen sind die Epiphyten. Von den Gattungen *Cocconeis, Achnanthes* und *Gomphonema* gehen nur einzelne Arten *(Gomphonema angustatum* var. *productum)* merklich über den Everser See hinaus. Pinnularien und Eunotien gelten als die Formen der oligotrophen Seen. Doch geht von den ersteren nur *Pinnularia subcapitata* var. *Hilseana* in einiger Häufigkeit bis zu den Bullenseen. Die nächste ist *P. microstauron,* die mit ihren Varietäten bis zum Silbersee ziemlich häufig gefunden wird. Die übrigen Pinnularien haben ihr Hauptvorkommen vom Wollingster See bis zu den Sager Meeren, also etwa zusammen mit den Desmidiaceen im schwach sauren Gebiet. — Die Eunotien verhalten sich innerhalb des sauren Gebietes ganz verschiedenartig. Neben Arten, die

(mit Schwerpunkt an verschiedenen Stellen) in fast allen Seen außer dem Zwischenahner Meer verbreitet sind *(Eu. lunaris, Eu. exigua)*, stehen solche, die auf die sauersten Seen beschränkt sind *(Eu. trinacria)*, und andere, die ihren Hauptlebensraum zusammen mit der Menge der Pinnularien in den schwach sauren Seen haben *(Eu. monodon, Eu. formica)*, dabei zum Teil aber auch wieder in die saureren Seen hineingehen *(Eu. pectinalis* mit ihren zahlreichen Formen häufig bis zum Silbersee). Für weitere Einzelheiten muß auf den systematischen Teil verwiesen werden.

Tabelle 2. Verteilung der Algengruppen auf die Seen.

Angegeben sind die Artenzahlen. Die jeweiligen Höchstzahlen sind bei den wichtigsten Gruppen fettgedruckt.

	Zwischenahner Meer	Großes Sager Meer	Kleines Sager Meer	Everser See	Pastorensee	Wollingst. See	Silbersee	Großer Bullensee	Kleiner Bullensee
Bacteriophyta	5	3	4	5	2	4	2	1	
Cyanophyta	**42**	40	39	24	32	14	10	5	5
Zooflagellata	4	8	6	5	7	5	4	1	4
Chrysophyceae	1	6	9	5	7	1	1	3	3
Heterocontae	7	10	4	8	9	5	4	1	2
Cryptomonadineae	2	6	5	7	6	4	3	5	6
Dinophyceae	2	10	11	7	8	3	2	1	2
Rhodophyta	2	1	1			1	1	2	
Euglenophyta	35	30	**46**	28	36	38	25	15	10
Volvocineae	2	5	4	3	6	3	2	3	1
Tetrasporineae	2	8	6	5	9	6	2		3
Protococcineae	**38**	34	26	21	31	12	9	6	7
Ulotrichineae	22	**30**	25	21	22	14	10	13	9
Charophyceae	1				1		1		
Zygnemales	2	1	4	1	6	2		3	
Desmidiales	33	**117**	106	55	112	59	41	28	25
Diatomeae	**119**	88	88	75	51	51	43	21	32
Summe	319	397	384	270	345	222	160	108	109

Von den beiden Sanddiatomeen *Tabellaria binalis* und *Caloneis ladogensis var. densestriata* ist die letztere deutlich stärker eutraphent. Sie fehlt in den Bullenseen, sie hält sich während der Eutrophierung besser im Wollingster See als *Tabellaria binalis*, und sie ist noch im Pastorensee wesentlich häufiger als jene, die ihrerseits bis zu den Bullenseen geht. — Die im allgemeinen sehr häufige *Tabellaria flocculosa* meidet jedoch die Bullenseen. Außerdem ist sie anscheinend kalkfliehend, da sie in den beiden kalkreichsten Seen, dem Zwischenahner Meer und dem Everser See,

Abbildung 6. Es zeigt die Gesamtartenzahlen und die Artenzahlen der wichtigsten Gruppen in den einzelnen Seen. Der Maßstab für die Gesamtartenzahlen (auf der rechten Seite angegeben) ist halb so groß wie der für die einzelnen Gruppen (auf der linken Seite des Bildes).

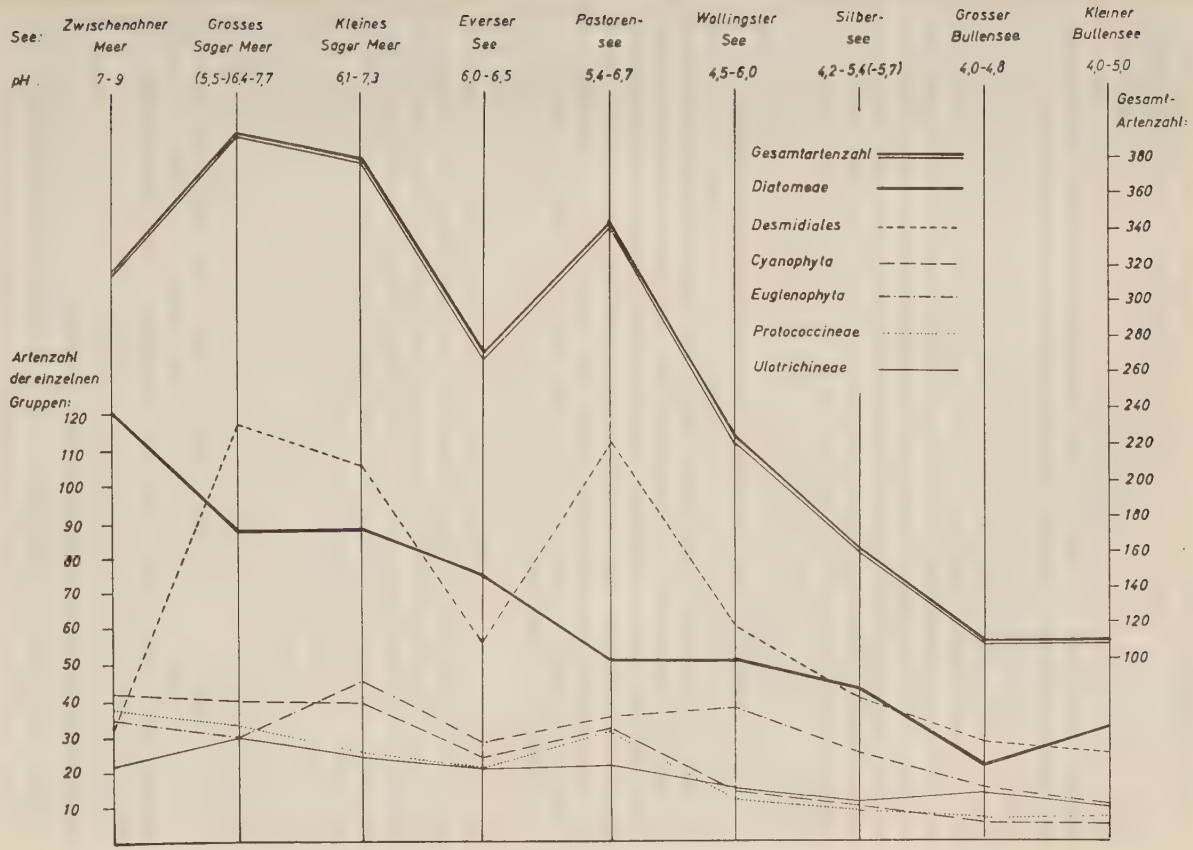

See:
Zwischenahner Meer
Grosses Sager Meer
Kleines Sager Meer
Everser See
Pastorensee
Wollingster See
Silbersee
Grosser Bullensee
Kleiner Bullensee
pH
7-9
(5,5-)6,4-7,7
6,1-7,3
6,0-6,5
5,4-6,7
4,5-6,0
4,2-5,4(-5,7)
4,0-4,8
4,0-5,0
Gesamtartenzahl
Diatomeae
Desmidiales
Cyanophyta
Euglenophyta
Protococcineae
Ulotrichineae
Gesamt-Artenzahl:
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
Artenzahl der einzelnen Gruppen:
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10

Abb. 6

stark zurückgeht. *Tabellaria fenestrata* ist im allgemeinen wesentlich mehr eutraphent als *flocculosa,* überraschenderweise ist sie aber im Großen Bullensee ziemlich häufig, obwohl sie in den übrigen sauren Seen bis zum Pastorensee nur vereinzelt gefunden wird. — Die Kieselalge, die am meisten in den sauren Seen zu Hause ist und gerade in den Bullenseen in jeder Probe gefunden wird, ist *Frustulia rhomboides* var. *saxonica.*

Die Desmidiaceenkurve zeigt zunächst die bekannte Tatsache, daß diese Gruppe im schwach sauren Gebiet ihr Optimum hat. In den Sager Meeren und im Pastorensee erreicht sie mit 117, 106 und 112 Arten ihr Maximum. Hier stellen die Desmidiaceen die höchsten Artenzahlen aller Gruppen. Im Pastorensee bilden sie 32,5 % der Gesamtartenzahlen des Sees Den starken Rückgang der Gruppe im Everser See, gerade zwischen den beiden Maxima, auf die Hälfte der Artenzahlen (bzw. 20,3 % aller hier gefundenen Arten) erklären wir (S. 248) durch den relativ hohen Kalk- und Magnesiumgehalt dieses Sees. Durch den Wegfall der hemmenden Wirkung dieser Ionen in den kalk- und magnesiaarmen Sager Meeren konnten wir damit auch verstehen, daß diese trotz ihres hohen pH einen solchen Reichtum an Desmidiaceen aufweisen. Damit wäre gezeigt, daß innerhalb des pH-Bereiches von etwa 5,5 bis 7,5 die Menge der Kalziumionen (und daneben vielleicht die der stets in geringerer Menge vorhandenen Magnesiumionen) ein begrenzender Faktor für das Gedeihen der Desmidiaceen ist. Doch heißt das nicht, daß für jede Art die Schwankungen des pH innerhalb dieses Bereiches gleichgültig sind, wir sehen ja ein Kommen und Gehen von Arten in den saurer werdenden Sager Meeren (allerdings wissen wir nicht, ob dabei sich nicht auch der Kalkgehalt geändert hat). Anderseits hat auch die Kalkfeindlichkeit zahlreiche Ausnahmen. Das zeigen nicht nur die 55 Desmidiaceenarten, die im Everser See noch vorhanden sind, und die 33 Arten des kalkreichen Zwischenahner Meeres. In den Truper Blänken, einer Reihe von neutralen bis alkalischen, kalkreichen Wiesenteichen bei Bremen, fand ich 96 Desmidiaceenarten (Behre 1939), allerdings zum großen Teil nur in wenigen Exemplaren, so daß manche der Arten von den benachbarten feuchten Wiesen her eingeschleppt sein könnten. Doch waren einzelne darunter ziemlich häufig, die in unseren Seen gerade im Zwischenahner Meer und im Everser See fehlten oder recht selten waren und dadurch den Eindruck einer besonderen Empfindlichkeit gegenüber den Ca-Ionen machten *(Pleurotaenium Ehrenbergii, Cosmarium reniforme, C. subcrenatum).* Das zeigt, daß hier die Probleme verwickelter sind, als es auf den ersten Blick scheint. Im besonderen lassen sich Teiche, die im allgemeinen mehr Desmidiaceen beherbergen, nicht ohne weiteres mit Seen vergleichen. In der freien Natur sind innerhalb des günstigen pH-Bereiches sicher noch andere auslesende Faktoren außer den Ca- und Mg-Ionen vorhanden.

In den stärker sauren Seen nimmt die Artenzahl der Desmidiaceen trotz der Kalkarmut ab, und in die Bullenseen gehen nur ziemlich wenige Arten

hinein, die aber in diesen allgemein artenärmsten Seen trotzdem durch ihre relative Häufigkeit auffallen.

Als Massenformen treten die Desmidiaceen während der ganzen Untersuchungsdauer auf in den großen Watten von *Desmidium cylindricum* im Kleinen Sager Meer. Daneben ist seit 1952 *Staurastrum cuspidatum* in beiden Sager Meeren in immer zunehmender Häufigkeit aufgetreten und bildete beim letzten Besuch im Oktober 1953 stellenweise makroskopisch sichtbare Überzüge auf dem Boden und an Litoralpflanzen. Eine ähnliche Massenentwicklung zeigte beim letzten Besuch des Silbersees der dort vorher kaum vorhandene *Arthrodesmus triangularis.*

Die Kurven der Blaualgen und der Protococcalen verlaufen — nur mit geringerer Artenzahl — etwa wie die der Kieselalgen. Beide Gruppen sind eutraphent. Im eutrophen Zwischenahner Meer bilden die Blaualgen nach den Kieselalgen die größte, die Protococcalen die nächstgrößte Gruppe, in den Bullenseen am anderen Ende unserer Trophiereihe haben sie die geringsten Artenzahlen von den sechs in der Kurve dargestellten größeren Algengruppen. Beim Pastorensee ist die Grenze für die Hauptmasse ihrer Vertreter, besonders für die Nostocaceen und die Oscillatorien einerseits, für die Pediastren und die Scenedesmen anderseits. Oligotraphente Gegenbeispiele sind *Chroococcus turgidus, Merismopedia glauca* und *Frémyella tenera,* die bis zu den Bullenseen gehen, sowie *Synechococcus major, Oscillatoria Borneti* und *Scenedesmus antennatus,* die vom Pastorensee bis zum Silbersee bzw. bis zum Wollingster See ihren Lebensraum finden. *Botryococcus Braunii,* eine der häufigsten Algen des Gebietes, kommt in allen Seen vor, meidet aber die beiden Extreme und hat ein ausgesprochenes Maximum im Wollingster und im Silbersee.

Die Ulotrichinen passen sich den beiden eben genannten Gruppen nicht ganz an. Sie haben neben den stark eutraphenten Massenformen des Zwischenahner Meeres eine Anzahl ausgesprochen oligotraphenter Arten, so *Binuclearia tectorum, Hormidium subtile, Oedogomium Itzigsohnii* und dann vor allem eine größere Zahl von weitgehend euryözischen Formen, wie *Ulothrix tenerrima, U. variabilis, Stigeoclonium tenue,* die beiden *Microthamnion*-Arten und mehrere *Microspora*-Arten. Die meisten Epiphyten unter ihnen sind allerdings — wie auch bei den Kieselalgen — eutraphent und gehen nicht über den Pastorensee hinaus, so *Aphanochaete repens, Chaetosphaeridium Pringsheimii* fa. *conferta* und die Coleochaeten, während *Dicranochaete reniformis* eine ausgesprochene Torfmoosform ist. Recht eigenartig ist die Verbreitung von *Chaetophora elegans,* die nur in Pfützen oder Gräben mit stehendem oder fließendem Wasser in unmittelbarer Nähe der Seen gefunden wurde, hier aber in neutralen bis stark sauren Gewässern ziemlich häufig sein konnte. *Oedogonium* fand sich in allen Seen, allerdings häufiger in den mehr eutrophen, während *Bulbochaete* in den Bullenseen und im Silbersee fehlte. *Mougeotia* war in großer Häufigkeit überall vertreten, während *Spirogyra* in den beiden Bullenseen und

bis auf den letzten Besuch auch im Silbersee nicht gefunden wurde und *Zygnema* in eben diesen drei Seen und außerdem im Zwischenahner Meer fehlte.

Die abweichende Kurve der Eugleninen läßt sich nicht aus den allgemeinen Verhältnissen der Seen erklären. Die gefundenen Vertreter dieser Gruppe sind fast alle Bewohner verschmutzter Stellen, die an jedem See vorkommen können. Torfmoosseen haben wohl etwas mehr davon, da hier ohne Einfluß von außen das Torfmoos an einzelnen Stellen zergehen kann und die dabei entstehende Mudde dann einen Lebensraum für viele farblose Eugleninen bildet. — Auffällig ist allerdings, daß die in den anderen Seen regelmäßig vorkommenden *Entosiphon*-Arten in den Bullenseen nicht gefunden wurden und auch im Wollingster und im Silbersee erst mit zunehmender Eutrophierung auftraten. — Das einzige regelmäßige Massenvorkommen von Eugleninen ist das schon genannte Neuston von *Euglena polymorpha* an der Torfmoosgrenze der Moorseen.

c) Die ökologischen Bedingungen für die Algen

Wie wenig die Algen Ubiquisten sind, zeigt außer dem Vorhergehenden vor allem auch die Tatsache, daß unter den 813 gefundenen Arten nur 21 in allen neun Seen festgestellt wurden. Diese sind in der Tabelle auf Seite 277 zusammengestellt. Doch auch sie sind bei weitem nicht alle Ubiquisten. *Synura uvella s. lat.* ist eine Sammelart. *Chlorella vulgaris* lebt als Symbiont in Protozoen, also nicht unmittelbar unter den Bedingungen der Gewässer. *Pinnularia subcapitata* var. *Hilseana* und *P. microstauron* var. *Brébissonii* sind Torfmoosformen, die auch in kleinen Torfmoosbeständen an den Rändern der Seen vorkommen. *Peranema trichophorum, Anisonema acinus* und *Chilomonas Paramaecium* sind Bewohner verschmutzter Stellen, die es an allen Seen gibt. Und wenn man die übrigen Arten betrachtet, so findet man bei fast allen ausgesprochene Schwerpunkte ihres Vorkommens in einem See oder in mehreren, in der pH-Reihe benachbarten Seen, während sie in anderen nur ganz vereinzelt, manchmal nur in einer Probe gefunden wurden. Ubiquisten im strengsten Sinne gibt es wohl kaum unter den Algen. — Auch die Zahl der in acht von den neun Seen festgestellten Arten beträgt nur 22. Bezeichnenderweise fehlen davon zwölf Arten gerade in den Endgliedern unserer Seenreihe: fünf im Zwischenahner Meer und sieben im Kleinen Bullensee.

Aus der Gesamtheit der hier dargestellten Tatsachen sowie aus allem sonst über die Algenökologie Bekannten scheint für mich mit voller Sicherheit hervorzugehen, daß die Algenbesiedlung eines älteren, permanenten, nicht zu kleinen Gewässers, dessen ökologische Verhältnisse sich nicht zu schnell ändern, im wesentlichen von diesen ökologischen Verhältnissen bestimmt wird (natürlich nur, soweit es sich um Algen handelt, die in dem betreffenden Gebiet vorkommen). Für den entscheidenden Einfluß der ökologischen Bedingungen spricht einmal das gruppenweise Vorkommen fast

Tabelle 3. In allen Seen gefundene Arten.

Nur in einer Probe gefundene Arten sind eingeklammert.

	Zwischenahner Meer	Großes Sager Meer	Kleines Sager Meer	Everser See	Pastorensee	Wollingst. See	Silbersee	Großer Bullensee	Kleiner Bullensee
Synura uvella	1	2	2	2—3	2—3	2	1	2	1—2
Cryptomonas ovata	1—2	2—3	2—3	1	2—3	1—2	2—3	3—4	3—4
Chilomonas Paramaecium	2	2	2	2	2—3	2—3	3	2	1
Euglena mutabilis	(1)	1—2	1—2	2	2—3	3—4	3—4	3	2—3
Trachelomonas volvocina	2—3	2—3	3	3	2	2—3	2—3	2	1—2
Peranema trichophorum	1	2	1	2	2—3	1	1	1	1
Anisonema acinus	1	1—2	1—2	1—2	2—3	1	(+)	1	1
Chlorella vulgaris	1	1—2	1—2	1	(1)	2	2	1—2	(2)
Botryococcus Braunii	1	3	2—3	3—4	2—3	4	4	2	1
Microthamnion strictissimum	(+)	1	1	(1)	2	1—2	1—2	2	1
Cylindrocystis Brébissonii	1	2	2	2	3—4	3—4	3	3	2
Closterium pronum	1	1	1	1	2	2	1—2	2	2
Euglena polymorpha	+	1	(3)	1	1	2	3	3	2
Tabellaria fenestrata	1	4—5	4	4	1—2	1	1	2—3	+
Tabellaria flocculosa	1—2	4—5	4	2	4	4	4	+	+
Eunotia lunaris	1—2	4	3	4	3	3	3	3	3—4
Eu. pectinalis v. minor	1	3—4	3	4	2—3	1	2	+	+
Frustulia rhomboides v. saxonica	1	3—4	3—4	2	1—2	2—3	3—4	4	4
Pinnularia microstauron v. Brébissonii	1	+	+	3	1	1—2	1	+	1
P. subcapitata v. Hilseana	+	1—2	2	2—3	+	2—3	2—3	1—2	2
P. viridis	1	2—3	2	3	1	2—3	1	1—2	(+)

aller häufigeren Algen in mehreren, in der pH-Skala benachbarten Seen, wobei nur selten ein See übersprungen wird. Leider ließ sich die Tabelle, die dies gruppenweise Vorkommen der Arten sehr augenfällig zeigt, nicht mit abdrucken. — Weiter läßt es sich nur so verstehen, daß bei Zunahme des pH in einem See stets die Formen der nächst stärker alkalischen, bei Abnahme des pH die Formen der nächst saureren Seen auftreten, so daß man an einigen Stellen buchstäblich von einem Nachlaufen eines Sees hinter dem anderen sprechen konnte. — Bei plötzlich eintretenden Änderungen der Verhältnisse, wie etwa beim Anlegen einer Viehtränke an einem See, können zunächst in verschiedenen Tränken ganz verschiedene, vielleicht auch in verschiedenem Grade an die neuen Verhältnisse angepaßten Formen die Herrschaft übernehmen. Hier wird die Erstbesiedlung entscheiden.

So sicher die Tatsache ist, daß die ökologischen Bedingungen die Algenbesiedlung bestimmen, so schwierig ist es aber, diese Bedingungen und ihre Auswirkungen im einzelnen zu erfassen. Eigentlich ist nur ein einziger, allerdings sehr wichtiger Faktor in seiner Bedeutung genauer bekannt: die H-Ionen-Konzentration der Gewässer. Die große Wichtigkeit dieses Faktors erhellt schon daraus, daß die Anordnung unserer Seen nach dem pH die genannten Gruppierungen ergab, und daß die Änderungen des pH zum größten Teil die Entwicklung der Algenflora verstehen ließen.

Doch darf diese Erkenntnis nicht überschätzt werden; denn mit dem pH hängt eine Reihe von anderen Faktoren derart zusammen, daß die Änderung des einen zumindest in einem gewissen Bereich auch die Änderung anderer nach sich zieht (Menge an CO_2, Ca, Mg, Fe, Mn, HCO_3, PO_4, OH-Ionen). Da nun das pH sehr viel leichter zu messen ist als die Konzentration der anderen Stoffe, so ist es oft der einzige bekannte Faktor in einem Gewässer, und man macht es leicht verantwortlich für Änderungen in der Flora, für die in Wirklichkeit andere, mit dem pH gleichzeitig sich ändernde Faktoren entscheidend gewesen sind. Da bei der Vielzahl der zusammenwirkenden Faktoren die Koppelung nicht immer sehr eng ist, sondern etwa das gleiche pH durch verschiedene Kombinationen anderer Faktoren zustandekommen kann, so läßt sich manchmal entscheiden, welcher Faktor im Einzelfall für bestimmte Unterschiede in der Besiedlung verantwortlich ist. So konnten wir beim Everser See und den Sager Meeren erkennen, welche Bedeutung dem Ca unabhängig vom pH für das Gedeihen der Desmidiaceen zukommt. Aber gerade dieses Beispiel zeigte auch, wie verwickelt das ganze Fragengebiet ist und daß noch mehr Faktoren hineinspielen müssen. Für die weitere Klärung dieser Zusammenhänge wie auch für die Erforschung der vom pH unabhängigen lebenswichtigen Faktoren müssen wir aber eine weit größere Zahl von chemischen Untersuchungen unserer Gewässer haben und vor allem dabei möglichst genaue Bestimmungen der Nährstoffkonzentrationen. Bei diesen Untersuchungen müssen neuere Erfahrungen berücksichtigt werden. Analysen des Seenwassers zur Zeit der Hochproduktion organischer Substanz allein sagen uns nicht viel.

Jetzt sind die Nährstoffe verbraucht oder doch als Vorrat gespeichert (siehe Ruttner 1952, S. 82). Die wichtigste Analyse müßte nach der Frühjahrszirkulation gemacht werden, bei Beginn des Hauptwachstums der Pflanzen. Daraus ließe sich ersehen, welche Mengen an Nährstoffen der See seinen Bewohnern für die kommende Vegetationsperiode zur Verfügung stellt. Spätere Analysen aus dem Epilimnion und schließlich eine solche nach der Herbstzirkulation würden zeigen, wie sich laufend die Nährsalzkonzentration des Wohngewässers ändert, und zuletzt, wie weit die Pflanzen das Angebot genutzt haben. Daraus wäre auf den Bedarf der im See vorkommenden Arten zu schließen. Daß auch hier noch Schwierigkeiten im einzelnen vorliegen, braucht nicht betont zu werden.

Besondere Bedeutung haben in unseren Seen die Humusstoffe. Wirkliche Klarwasserseen sind nur zwei von ihnen: Der Große Bullensee und der Wollingster See. Alle anderen sind mehr oder weniger humos, aber es ist mir nicht gelungen, sie in eine Reihe steigender Humosität zu ordnen, wie es bei der Azidität so leicht möglich ist. Die Messung der Humusmenge durch Bestimmung des Glühverlustes oder durch den Permanganatverbrauch hat den Nachteil, daß sie die ganz andersartigen, in eutrophen Seen häufigen fäulnisfähigen organischen Stoffe mit erfaßt. Auch die geringe Sichttiefe kann bei hohem Planktongehalt Eutrophie oder sonst das Vorhandensein von Humusstoffen anzeigen. Ihre Bestimmung ist für quantitative Feststellung des Humositätsgrades nicht geeignet. Dasselbe gilt für das dritte Kennzeichen, das oft als das wesentliche angesehen wird: die braungelbliche oder braunschwärzliche Farbe der Humusseen. Die Schwierigkeiten bei der Verwendung der Forel-Uhle-Skala für die Bestimmung der Seenfarbe hat schon Lundbeck (1951, S. 29) geschildert. Außerdem stimmen ihre Werte durchaus nicht überein mit denen, die man durch Bestimmung der Wasserfarbe mit Platin oder mit Methylorange erhält. Das Zwischenahner Meer hat von unseren Seen den höchsten Methylorangewert, den zweithöchsten Platinwert, aber den zweitniedrigsten Wert nach der Forel-Uhle-Skala. Zieht man die anderen genannten Merkmale heran, so erhält man bei unsern Seen jedesmal eine andere Reihenfolge für den Grad der Humosität. Wir müssen daher auf eine allgemeine Besprechung dieses Faktors für unsere Seen verzichten. Wie groß seine Bedeutung aber ist, zeigte die Besiedlung der beiden Bullenseen, von denen der eine sicher ein Klarwassersee und der andere ziemlich stark humos ist, bei weitgehender Gleichheit der übrigen Verhältnisse (S. 267 ff.). Ähnliche Unterschiede in der Humosität und in der Besiedlung, aber wesentlich geringeren Grades, findet man beim Vergleich von Wollingster und Silbersee wie zwischen den beiden Sager Meeren.

Um zu besseren Bestimmungsmethoden für die organischen Substanzen zu kommen, müßte man wohl versuchen, die reduzierende Wirkung dieser Stoffe genauer zu analysieren. Dafür ist die Bestimmung des Permanganatverbrauchs allein nicht ausreichend. Dieses Verfahren diente ursprünglich

dazu, die Menge der oxydierbaren Substanz in einem Gewässer zu messen. Was es angibt, ist in Wirklichkeit die Menge der durch Permanganationen aus dem Substrat herauslösbaren Elektronen. Da diese (wegen des verschiedenen Oxydationszustandes des Substrates) in keinem festen Verhältnis zur Menge des organischen Stoffes steht, ist die Messung sehr ungenau. Vor allem aber sagt sie uns nichts aus über die Spannung, die für die Oxydation verwendet werden muß, sondern das Verfahren ist gewissermaßen ein Gewaltmittel, mit dem alles oxydiert werden soll. Wenn das Wasser eines eutrophen Sees und das eines Humussees den gleichen Permanganatwert haben, so werden im ersten Fall durch das Permanganat fäulnisfähige, meist planktogene Substanzen oxydiert, zu deren Oxydation auch ein geringeres Potential als das des Permanganats ausreichen würde, im Humussee sind die schwer oxydierbaren, meist allochthonen Humussubstanzen vorhanden, die einer höheren Spannung für die Oxydation bedürfen als jene. Das wesentliche wäre hier die Messung der zur Oxydation nötigen Spannung selbst, des Redoxpotentials. Durch die Bestimmung des Redoxpotentials müßte man in der Lage sein, die organischen Substanzen eines Humussees von denen eines eutrophen Sees zu unterscheiden.

Vielleicht läßt sich damit in manchen Fällen auch mehr erreichen. Dieses Potential ist einer der Faktoren, mit denen sich die Lebewelt der Gewässer auseinanderzusetzen hat, indem es die Spannung mißt, unter der die Elektronen der lebenden Substanz durch ihre (humus- oder fäulnisstoffreiche) Umgebung stehen. Unterschiede im Redoxpotential möchten dadurch Auslesewirkung auf die Besiedlung haben.

d) Die Periodizität der Algen

Um den Jahreslauf der Algenbesiedlung in einem See zu verstehen, muß man die Periodizität der einzelnen Formen kennen. Die folgenden Angaben darüber sind die Auswertung einer Tabelle, die die Gesamtfunde aller häufigeren Arten in unseren Seen, nach den Fundmonaten geordnet, wiedergibt. Die Mitteilungen Messikommers (1942, S. 318 ff.) über die Algen des Hochgebirges von Davos weichen von meinen Ergebnissen in manchen Punkten erheblich ab. Aber auch die Angaben von Denis (1925) über die Algen in den Maaren des Waldes von Fontaineblau stimmen mit ihnen nicht überall überein. Das spricht dafür, daß regionale Unterschiede schon innerhalb eines nicht allzu großen Gebietes vorhanden sind.

Die Gattung *Tribonema* umfaßt ausgesprochene Frühjahrs- und Winterformen, die ihre Hauptentwicklung in den Monaten Januar bis Juni haben. In den nächsten Monaten wurde sie gar nicht gefunden, bis sie mit Beginn der kälteren Jahreszeit sich allmächlich wieder einstellt.

Auch *Binuclearia* wurde nur von Januar bis Juli gefunden.

Synura und *Dinobryon* sind am häufigsten im Mai und Juni, können in geringerer Menge aber auch in anderen Jahreszeiten auftreten.

Ulothrix hat ihre Hauptvegetationsperiode im März bis Mai. Die dickfädigen Arten *U. zonata, U. tenuissima* und *U. aequalis* verschwinden dann vollständig, während die dünnfädigen *U. subtilissima, U. tenerrima* und *U. variabilis* in wesentlich geringerer Häufigkeit auch in den anderen Teilen des Jahres vorkommen.

Draparnaldia und *Microspora* sowie *Microthamnion strictissimum* haben ihre Hauptentwicklung März bis Juli und sind in den übrigen Monaten wesentlich seltener, verschwinden aber nicht ganz.

Stigeoclonium hat die gleiche Hauptentwicklungszeit, hält sich aber auch in den übrigen Monaten des Jahres ziemlich gut.

Microthamnion Kützingianum wurde in den Monaten August bis Oktober nicht gefunden.

Chaetophora elegans wurde nur April bis September gefunden, am häufigsten Mai bis Juli.

Hormidium subtile und *Aphanochaete repens* finden sich wohl gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt, auch unter dem Eise kaum weniger.

Die Zygnemales zeigen wenig Periodizität, vor allem *Mougeotia* wird fast das ganze Jahr hindurch sehr häufig und sehr gleichmäßig gefunden. *Spirogyra* hat vielleicht ein schwaches Minimum im Juli und August, nach der Zeit der Kopulation. Sämtliche Kopulationen der Zygnemales wurden in den Monaten April bis Juni beobachtet, wobei *Spirogyra* am häufigsten, *Mougeotia* im Vergleich zu seinem massenhaften Vorkommen sehr selten kopulierte. Ich habe den Eindruck, daß manche von den massenweise vorkommenden Mougeotien im Freien nicht kopulieren. (Siehe auch Behre 1939, S. 75).

Oedogonium und *Bulbochaete* sind ausgesprochene Spätentwickler. Von Mai (bei *Bulbochaete* von Juni) ab findet man ihre großen Watten und Behänge bis zur Eisbedeckung. Auch ihre Kopulationen liegen später als bei den Zygnemalen: von Mai bis Oktober mit einem Maximum von Juli bis August.

Auch *Cladophora* und *Chaetomorpha herbipolensis* entwickeln sich spät, ihre Vegetationszeit liegt von Ende Mai oder Anfang Juni bis etwa Anfang November.

Die Desmidiaceen und Protococcales haben ein ziemlich schwach ausgebildetes Minimum zur Zeit der Eisbedeckung. Sie sind sonst mit ganz geringem Anstieg von Frühjahr bis Herbst recht gleichmäßig über das Jahr verteilt. Fast nur in der zweiten Jahreshälfte wurden gefunden: *Closterium setaceum, Quadrigula closterioides* und *Dimorphococcus lunatus. Cylindrocystis Brébissonii* und *Euastrum binale* mit seinen Varietäten finden sich im Winter relativ häufiger als die anderen Desmidiaceen.

Die Blaualgen verhalten sich verschieden. Die Formen mit Dauerzellen, vor allem *Anabaena, Cylindrospermum* und *Microchaete tenera* sind in der

zweiten Hälfte des Jahres deutlich häufiger als in der ersten. Die meisten übrigen, vor allem Oscillatorien, die Lyngbyen und *Merismopedia* verteilen sich mehr gleichmäßig über das Jahr, doch ist bei den meisten von ihnen ein gewisser Anstieg vom Frühling bis zum Herbst vorhanden, dem eine Abnahme während der Eisbedeckung folgt. Besonders die planktischen Chroococcaceen haben ihre Massenentwicklung vom Hochsommer bis zum Spätherbst.

4. Die Lebensbezirke der Seen und ihre Bewohner

a) Die makroskopischen Litoralalgen

Diese Formen spiegeln durch ihre Menge, die Artenzusammensetzung und durch die Vegetationsdauer im Jahre den Trophiezustand des Sees im großen deutlich wider. Ihre Ausbildung ist aber auch von anderen Faktoren abhängig, wie der Windexposition des Gewässers, der Beschaffenheit des Ufergrundes und dem Uferbewuchs durch Phanerogamen. — Die Seen werden, wie immer, in der Reihenfolge abnehmender Eutrophie besprochen.

Im Zwischenahner Meer haben wir vom Frühling bis zum Herbst stets einen Uferbewuchs von großen Algen, der eine klare Aspektfolge zeigt: Im Frühling herrschen *Ulothrix tenuissima* und *U. zonata*, im Sommer und Herbst *Cladophora glomerata, Cl. crispata* und *Chaetomorpha herbipolensis*. Als Begleiter der Frühlingsflora finden sich *Ulothrix aequalis* und *Draparnaldia plumosa*, vom Frühling bis zum Herbst in abnehmender Häufigkeit *Stigeoclonium tenue* und *Ulothrix tenerrima*, bis zum Herbst zunehmend Oedogonien. Im Oktober und November geht die Uferflora zurück und verschwindet noch vor der Eisbedeckung.

Die Stärke des Bewuchses ist in den verschiedenen Jahren recht verschieden, er kann das ganze Ufer besiedeln oder sich nur auf einzelne Teile erstrecken. (Siehe S. 228.)

Die Kieselalgen haben im Frühjahr und im Herbst eine Blütezeit.

Die Sager Meere haben vom Frühjahr bis zum Eisbeginn makroskopische Watten in größerer Menge. Diese bilden aber keinen festsitzenden Uferbewuchs, sondern es sind in der Hauptmenge Stillwasserformen, die im Großen Meer im Windschatten des benachbarten Höhenzuges, im Kleinen in den Buchten des Steilufers sich im freien Wasser halten können, im Großen Meer vom Frühling an in etwa gleichbleibender Häufigkeit *Mougoetia*, in abnehmender *Microspora* und *Stigeoclonium*, vom Sommer ab zunehmend *Oedogonium, Bulbochaete, Tolypothrix, Hapalosiphon, Calothrix*, im Kleinen Meer die gleichen Formen in geringerer Häufigkeit, dazu vom Frühling ab große Watten von *Desmidium cylindricum*. — Die Menge der Vegetation nimmt zu bis in den Spätherbst und vermindert sich auch dann kaum, bis bei der Eisbedeckung ein scharfer Rückgang eintritt.

Die Menge der Besiedlung ist in den aufeinanderfolgenden Jahren recht verschieden.

Die Kieselalgen haben eine zweimalige Blüte.

Im Everser See finden wir nicht mehr die ganze Vegetationsperiode hindurch makroskopische Algenwatten. Eine Frühlingsflora ist aber noch vorhanden, bei der *Draparnaldia acuta* herrschen kann und daneben *Stigeoclonium, Microspora Willeana* und *rufescens* sowie *Tribonema minus* sich finden (der See liegt im Windschatten). Vom Sommer ab können Oedogonien auftreten und vereinzelt auch Blaualgenwatten. Doch sind es stets nur kleinere Watten, und manchmal findet man gar nichts.

Die Kieselalgen haben noch ihre beiden Blütenzeiten.

Auch der Pastorensee hat keine die ganze Vegetationsperiode hindurch vorhandene makroskopische Algenflora. Die Frühlingsflora besteht in den Watten des Frühlingsüberschwemmungsgebietes. Sie wird gebildet von *Stigeoclonium tenue, Ulothrix variabilis* und *U. tenerrima.* An den windgeschützten Stellen halten sich Watten von *Microspora, Zygnema* und *Tribonema.* Später kommen *Oedogonium* und *Bulbochaete* hinzu. Im ganzen ist der Behang im Litoral reicher als im Everser See, aber auch hier finden wir gelegentlich keine makroskopischen Algen. Vor allem treten die Kieselalgen stark zurück. Nur im Frühjahr ist eine schwache Blüte angedeutet.

Der Wollingster See hat einen das ganze Jahr, selbst unter dem Eise vorhandenen Uferbewuchs, indem auf dem Sandboden in diesem Trophiezustande *Hormidium subtile* anscheinend sein Optimum hat und das ganze Jahr hindurch kräftig vegetiert. Die übrigen makroskopischen Formen zeigen eine noch stärkere Unbeständigkeit als in den vorhergehenden Seen. *Stigeoclonium* ist wohl auch hier regelmäßig an der Frühlingsflora beteiligt. Später kommen Oedogonien und *Bulbochaete* hinzu, *Mougeotia* kann immer gefunden werden. Die gesamte Algenflora ist trotzdem ziemlich schwach entwickelt, obwohl die Kieselalgen wieder etwas stärker als im Pastorensee vertreten sind und auch im Frühjahr eine gewisse Blüte erleben.

Der Silbersee hat eigentlich keine makroskopische Algenflora, nur im Frühling sah ich einige Male einen dünnen Hauch von *Stigeoclonium* auf den sandigen Teilen am Ufer.

Die Algenwatten des Großen Bullensees sind wieder deutlich kräftiger ausgebildet, aber sehr unstetig. Eine besondere Frühlingsflora ist nicht vorhanden, aber gelegentlich findet man verhältnismäßig dichte Behänge von Mougeotia, der sich die bekannten dünnfädigen *Ulothrix*-Arten wie auch dünnfädige Oedogonien zugesellen können.

Der Kleine Bullensee hat keine makroskopische Algenflora, nur ganz vereinzelt sind die Torfmoosköpfchen überzogen von einem dünnen Gespinst von *Mougeotia sp.* oder *Oedogonium Itzigsohnii.*

b) Das Plankton

Auch das Plankton hängt nicht nur in seiner Menge, sondern auch in seiner Zusammensetzung, in der Artenzahl und in der Beständigkeit der Arten stark vom Trophiezustand des Sees ab.

Im Zwischenahner Meer werden die Massenformen von den Blaualgen gestellt, die regelmäßig Wasserblüten bilden. Hinzu kommen in Menge Kieselalgen und etwas weniger Grünalgen. Chrysomonadinen und *Botryococcus Braunii* fehlen so gut wie ganz. Die hohe Beständigkeit in der Zusammensetzung des Planktons erkennt man daran, daß von 48 in der Liste (S. 230) aufgeführten Arten 22 in mehr als 50 % aller Besuche gefunden wurden. Auch diese beständigen Arten können jeweils in sehr verschiedenen Mengenverhältnissen auftreten.

Das Plankton der Sager Meere (S. 238) ist ein ausgesprochenes Mischplankton, wobei die Kieselalgen überwiegen, aber kaum Massenformen bilden. Eine Wasserblüte ist nicht mehr vorhanden. Neben ihnen sind reichlich Blaualgen, Grünalgen, Chrysomonadinen und Peridineen. Bemerkenswert häufig ist *Gonyostomum semen*. Die Beständigkeit in der Zusammensetzung nimmt ab. Von 26 Arten des Großen Meeres sind 6, von 27 Arten des Kleinen Meeres sind 7 in mehr als der Hälfte der Besuche gefunden.

Auch das Plankton des Everser Sees (S. 248) ist ein Mischplankton, doch herrschen hier *Botryococcus Braunii* und *Ceratium hirundinella*. Die übrige Zusammensetzung ist wie eben. Menge und Beständigkeit sind gering. Nur die beiden herrschenden Arten (von 15) erreichen die Beständigkeitsgrenze. *Botryococcus* ist fast in jeder Probe vorhanden.

Vom Pastorensee (S. 251) ab finden wir keine Blaualgen mehr im Plankton. Im übrigen ist auch hier ein Mischplankton, wobei die Peridineen, vor allem *Ceratium hirundinella* herrschen. Daneben fanden sich wieder Grünalgen und Chrysomonadinen, während *Botryococcus* etwas zurücktritt. Menge und Beständigkeit sind gering. Von 14 Arten erreichen drei die Beständigkeitsgrenze.

Der Wollingster See (S. 256) hatte anfänglich ein reines *Botryococcus*-Plankton. Durch die Eutrophierung sind einige Grünalgen hinzugekommen, und *Botryococcus* bildet gelegentlich Wasserblüten. Zwei von elf Arten erreichen die Beständigkeitsgrenze. Die Planktonmenge war ursprünglich sehr gering, nimmt durch die Eutrophierung zu.

Der Silbersee (S. 261) hat noch jetzt ein reines *Botryococcus*-Plankton. Diese Alge ist fast in jeder Probe. Sie allein von vier Arten erreicht die Beständigkeitsgrenze. Die Menge des Planktons ist sehr gering, zuletzt etwas zunehmend.

Auch im äußerst ärmlichen Plankton des Großen Bullensees (S. 264) wird *Botryococcus* als einziger von fünf Arten in mehr als 50 % der Besuche gefunden, aber immer nur so vereinzelt, daß wir das Plankton nach den einige wenige Male in Mengen gefundenen *Dinobryon divergens* und *D. pediforme* als Chrysomonadinenplankton bezeichnen.

Im Plankton des Kleinen Bullensees (S. 266) tritt *Botryococcus* kaum noch auf. Es herrschen die beiden *Dinobryon*-Arten des Großen Sees

in der gleichen Weise wie dort. Das Plankton ist sehr ärmlich. Kein Plankter erreicht die Beständigkeitsgrenze.

Die einzelnen hier festgestellten Stufen des Planktons sind also, vom Eutrophen zum Oligotrophen fortschreitend: Blaualgenplankton, Mischplankton mit Überwiegen der Kieselalgen, Mischplankton mit Überwiegen von *Botryococcus Braunii* oder *Ceratium hirundinella, Botryococcus*-plankton, Chrysomonadinenplankton. Gesamtmenge und Artenzahl des Planktons sowie die Beständigkeit der einzelnen Arten nehmen in der gleichen Richtung sehr stark ab.

Die genaue Festsetzung der Artenzahl des Planktons in den einzelnen Seen ist etwas willkürlich, da es zahlreiche Übergänge zwischen Planktern und Litoralformen gibt. Wohl die meisten, wenn nicht alle Plankter in unseren Seen leben zeitweise — vor allem bei ungünstigen Bedingungen — nicht im freien Wasser, sondern auf dem Boden oder im Litoral. Im Silbersee fand ich einmal, als er am Ufer mit einer dünnen Eisdecke bedeckt war, sämtliche Litoralpflanzen und stellenweise auch die Unterseite des Eises überzogen mit einer makroskopisch auffälligen Schicht von *Botryococcus Braunii,* während die Alge im Plankton nur in geringen Mengen vorhanden war. Im Zwischenahner Meer fand ich bei Eisbedeckung *Gomphosphaeria lacustris, Coelosphaerium Naegelianum, Staurastrum paradoxum* und *Closterium polystictum* auf dem Boden und auf Wasserpflanzen. Auch *Microcystis aeruginosa* und *Melosira* waren dort häufiger als im Plankton, während *Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena spiroides* und *Asterionella formosa* frei schwebend gefunden wurden. Ebenso war auch im Herbst der Boden dieses Sees an verschmutzten Stellen oft mit dicken Krusten von abgesunkenen Planktern bedeckt (siehe S. 232).

Vielleicht hängt es mit dem Absinken bei ungünstigen Bedingungen zusammen, daß ein und dieselbe Alge sich in eutrophen Seen im Plankton, in den weniger eutrophen — wohl mehr an der Grenze ihres Lebensraumes — im Litoral aufhalten kann. Am auffälligsten zeigte das *Dictyosphaerium pulchellum,* das im Zwischenahner Meer, den Sager Meeren und im Pastorensee ein ausgesprochener Plankter ist (im Everser See fehlt es), im Wollingster und Silbersee zuerst vereinzelt im Litoral, nachher bei zunehmender Eutrophierung auch im Plankton gefunden wurde und in den Bullenseen fast nur im Litoral, hier aber gar nicht selten vorkam. — *Pediastrum Boryanum* und vor allem *P. duplex* leben im Zwischenahner Meer hauptsächlich als Plankter, in den Sager Meeren fast nur im Litoral (*Pediastrum tetras* geht nichts ins Plankton). *Scenedesmus armatus* und *Sc. quadricauda* sind im Zwischenahner Meer in weit höherem Maße Plankter als in den Sager Meeren. *Synura uvella s. lat.* ist in den eutrophen Seen mehr im Plankton, in den Bullenseen mehr im Litoral.

Die Neigung der Desmidiaceen zu planktischem Leben ist bei den Formen unserer Seen nur gering. Sämtliche gefundenen Cosmarien, Pleurotaenien und Tetmemori sind ausgesprochene Nichtplankter, also auch kaum einmal

als Tychoplankter gefunden. Auch *Netrium digitus, Staurastrum punctulatum* und *St. cuspidatum* gehen nicht ins Plankton. *Closterium aciculare, Cl. lineatum var. tenue* und *Cl. polystictum* var. *brevius* sind Plankter, *Cl. setaceum* und anscheinend auch *Cl. acerosum* gehen teilweise ins Plankton, die übrigen Closterien gar nicht. Die langarmigen Formen von Staurastrum *(St. paradoxum, St. chaetoceras, St. Manfeldtii)* sind Plankter, aber schon *St. dejectum* und *St. aciculare* finden sich mehr im Litoral.

Von *Ankistrodesmus falcatus* ist nur die var. *mirabilis* im Plankton.

c) Das Metaphyton

α) *Begründung der Einführung des Begriffes*

Das Metaphyton, die Gesamtheit der in den Watten der größeren Algen oder zwischen den Blättern der höheren Pflanzen lebenden Kleinformen, ist nach seiner Menge und der Beständigkeit seines Vorkommens nicht in dem Maße vom Trophiezustande des Sees abhängig wie die Großformen der Algen und das Plankton, sondern es ist in unseren Seen immer in relativ hoher Artenzahl vorhanden, die sich aber in den verschiedenen Seen aus sehr verschiedenen Arten zusammensetzt und damit den Zustand des Sees so gut widerspiegelt, daß wir die feineren Unterschiede zwischen den Seen und ihre Weiterentwicklung im wesentlichen an Hand der Zusammensetzung des Metaphytons verfolgt haben. Wir wollen die Ergebnisse hier nicht wiederholen, sondern dafür den Sinn und die Bedeutung des neu eingeführten Begriffes sowie die Möglichkeiten und die Grenzen seiner Anwendung diskutieren.

Meine Untersuchungen begannen 1935 im Sager Meer mit dem Ziel, Unterschiede in der Besiedlung der verschiedenen Habitate des Sees festzustellen. Die zuerst recht entmutigenden Ergebnisse waren die, daß die artenreichsten Algengruppen, die Desmidiaceen, die Protococcales, aber auch viele andere Formen sich überall gleichmäßig verteilt fanden. Etwa im Schilf oder in der Wellenschlagzone nahm die Besiedlung zwar ab, aber es erschienen stets die gleichen Formen wie auch in den Unterwasserwiesen, ohne daß es gelang, sie in Gesellschaften zusammenzufassen, da sie ja einmal mit *Fontinalis* am Ufer, dann mit *Myriophyllum* in den Unterwasserwiesen und dann etwa in einer treibenden *Mougeotia*watte sich fanden.

In anderen Seen stellten sich dieselben Verhältnisse heraus, aber es zeigte sich ein neues dabei: so sehr die einzelnen Arten dieser Algengruppen sich gleichmäßig über das Litoral eines Sees verteilten, so klar unterschieden sich die verschiedenen Seen in diesen Pflanzengruppen voneinander. Es zeigte sich, daß jeder See hinsichtlich seiner Algenbesiedlung ein Individuum ist, und da angenommen werden darf, daß diese Unterschiede nicht historisch bedingt, sondern irgendwie aus den ökologischen Verhältnissen des Sees zu erklären sind (siehe Seite 276), so müssen die Algen zur Beurteilung dieser Verhältnisse herangezogen werden können, wobei jetzt gerade die Formen, die gleichmäßig über große Teile des Sees verteilt sind, auch die wertvollsten darstellen.

Eine sehr hohe Empfindlichkeit gegen ökologische Einflüsse ist offenbar der gesamten Algenwelt eigen. Deshalb wird man sie zweckmäßig zur Beurteilung der Gewässer heranziehen, obwohl man zu ihrer Untersuchung das Mikroskop braucht. Die Betrachtung der Blütenpflanzen gibt vielleicht den ersten Überblick, die Untersuchung der umweltempfindlicheren und beweglicheren Algen die feinere Einstufung. Doch sind nicht alle Algen für diesen Zweck gleich gut geeignet. Die großen Formen, die vor allem in den eutrophen Seen im Sommer einen auffallenden Uferbewuchs bilden, und die auf diesen wachsenden Epiphyten sind in ihrem Vorkommen zwar zweifellos durch die allgemeinen Verhältnisse dieser Seen bedingt, aber nur ein Bruchteil aller Seen hat diese Besiedlung, sie ist in diesen auch nicht das ganze Jahr hindurch vorhanden, und im Laufe des Sommers sind nicht die gleichen Arten daran beteiligt, dafür aber haben in den nicht eutrophen Seen recht verschiedenartige doch den gleichen Uferbewuchs von *Stigeoclonium* und den dünnfädigen *Ulothrix*-Arten. Weiter ist ihr Erscheinen an einer bestimmten Uferstelle von zahlreichen besonderen Voraussetzungen abhängig (Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Substrates, Stärke der Wasserbewegung, Konstanz des Wasserspiegels), die nicht im allgemeinen Charakter des Sees begründet liegen. Durch die Notwendigkeit eines Wechsels der Unterlage sind diese Formen meist gezwungen, auch ihre Lebensform vorübergehend zu ändern (Schwärmer- oder Hormogonienbildung), wodurch ihr Auffinden und ihre Erkennung erschwert wird. Das genaue Studium ihres Vorkommens verlangt die Betrachtung unterschiedlicher Verhältnisse innerhalb des Sees. Deshalb wird man sie zweckmäßig zur Beurteilung eines Gewässers als Ganzes nur in besonderen Fällen heranziehen.

Günstiger sind die Formen, die von einem speziellen Substrat unabhängig sind. Hier denkt man natürlich zuerst an das Plankton. Daß aber gerade dieses für die Kennzeichnung eines Gewässers im allgemeinen sehr ungeeignet ist, hat man allmählich allgemein erkannt, wenn auch die Gründe dafür noch recht umstritten sind. Auch in unseren Seen sagt es zwar durch seine verschiedene Menge und durch die Artenzahl etwas über den Trophiezustand des Sees im großen aus, ist aber wegen seiner schwankenden Zusammensetzung in allen nicht eutrophen Seen für feinere ökologische Untersuchungen nicht zu verwenden.

Weit besser als Indikator sind dagegen die bis jetzt etwas vernachlässigten Einzeller und Zellkolonien, die zwischen den Algen des Bewuchses, zwischen den Blättern der Unterwasserpflanzen und in den frei schwebenden Watten der Fadenalgen sich umhertreiben, ohne hier festgewachsen zu sein, aber auch ohne im besonderen Maße als Plankter ins freie Wasser zu gehen. Ich möchte sie deshalb hier etwas genauer betrachten und ihnen auch einen eigenen Namen geben: Metaphyton (*μετα* in ursprünglicher Bedeutung = „zwischen", also „Zwischenpflanzen". Auch die in der Biologie mehr verwendete Bedeutung von „*μετα*" als „hinterher"

oder „hernach" ergibt einen Sinn, da diese Pflanzen ja andere voraussetzen, zwischen denen oder zwischen deren Organen sie ihren Lebensraum haben). STEINECKE (1940, S. 110) bezeichnet diese Pflanzen als „unechten Bewuchs". Der Ausdruck ist sehr unglücklich, da das Metaphyton mit dem Bewuchs zwar oft — wenn auch durchaus nicht immer — zusammen vorkommt, aber doch ganz anderen Bedingungen unterliegt, wie noch gezeigt werden wird. Das Metaphyton ist kein „unechter Bewuchs", sondern gar kein Bewuchs.

Das Metaphyton umfaßt die Hauptmenge der Desmidiaceen und Protococcalen (sowie der Heterococcalen und der Dinococcalen), daneben aber auch eine große Zahl von Kieselalgen und Flagellaten, die letzteren, soweit sie nicht zum eigentlichen Plankton gehören. Auch eine Reihe von Chroococcalen und selbst von nicht lagerbildenden fädigen Blaualgen muß man dazurechnen sowie einige Tetrasporale. Es sind Formen mit sehr geringer Eigenbewegung oder auch ganz ohne solche, wobei bei der Fortpflanzung der Nichtflagellaten unter ihnen keine oder doch nur sehr kurze Schwärmperioden auftreten. Sie werden wohl im wesentlichen durch Wasserströmung von einem Wohnplatz zum anderen gebracht. Das gestattet ihnen einen einfachen Lebenszyklus, der keine Formveränderung verlangt. Die Vorteile, die er bringt, müssen wohl bezahlt werden mit einem größeren Verlust an Individuen, wenn sie durch die Wasserbewegung an ungünstige Orte verschlagen werden. Auch bei vorhandener geschlechtlicher Fortpflanzung tritt fast nur bei den Desmidiaceen eine Ruhezygote auf, die aber im ganzen verhältnismäßig selten ist oder doch nicht so lange ruht, daß dadurch für einen wesentlichen Teil des Jahres die Beobachtungsmöglichkeit fortfällt.

Der Lebensraum des Metaphytons ist zwischen anderen Pflanzen. Die reichste Entwicklung hat es meist zwischen anderen Algen, so daß es überall zwischen den größeren Litoralformen und zwischen dem Bewuchs vorkommt, mit Ausnahme von Stellen sehr starker Wasserbewegung. Darüber hinaus findet es sich zwischen den treibenden Algenwatten des ruhigen Wassers, und zwar auch bei denen, wo Gallerthüllen die Bildung eines Bewuchses verhindern. Ältere Watten von Zygnemalen, Oedogonialen und Ulotrichalen zeigen fast immer ein sehr reiches Metaphyton. Dann findet man es in schöner Ausbildung zwischen den Blättern von *Fontinalis, Myriophyllum* und *Ceratophyllum* (weniger bei *Elodea),* aber auch in geringerer Zahl auf den Unterwasserblättern etwa von *Potamogeton*-Arten *(P. lucens),* bei denen eine Schleimhülle die Epiphyten am Festsetzen hindert. Hier betten sich unsere kleinen Formen in den Schleim selbst und können sich dadurch auch auf einem ebenen Blatt halten. Die Charen und Nitellen der Unterwasserwiesen bieten dem Metaphyton ausgezeichneten Wohnraum, aber auch in den Blattrosetten von *Litorella, Lobelia* und *Isoëtes* findet man es oder in den Wurzelbüschen, die an den Knoten des Schilfrohrs im Wasser hervorsprossen. An bewuchsfreien Stielen der Wasserrosenblätter und ebensolchen senkrecht stehenden Schilfhalmen oder ähn-

lichen, wenig gegliederten Teilen anderer Unterwasserpflanzen findet man meist nur einen Teil seiner Vertreter und auch diese oft nur, wenn an ihnen Detritus haftet, der allgemein die Wohnverhältnisse für das Metaphyton günstiger gestaltet. Vor allem Desmidiaceen und manche Protococcales haften sich mit ihrer Gallerte fest an Detritus, oft auch an detritusfreien Pflanzenteilen. Dieses Anhaften mit der eigenen Gallerte wie an der Gallerte der Wohnpflanzen erklärt es wohl, daß sich noch in recht bewegten Watten ein reiches Metaphyton halten kann (siehe S. 238). Es verwischt etwas die Grenze zwischen Metaphyton und Periphyton. Das unterscheidende Merkmal wäre dann die Tatsache, daß das Metaphyton weniger fest haftet und daß bei ihm ein Ortswechsel ohne Formveränderung und rein passiv, nur durch die Bewegung des Wassers vollzogen wird. — Eine auch nur geringe Menge festhaftender Fadenalgen an der Oberfläche wenig gegliederter Teile höherer Pflanzen verbessert sofort den Lebensraum des Metaphytons, ist aber nicht Voraussetzung für seine Entstehung.

Gewisse Grenzfälle gibt es vor allem bei den Kieselalgen. Diese haben zum Teil in geradezu hervorragendem Maße die Fähigkeit, einmal als Einzeller oder im Zellverband, dann aber auch in den verschiedensten Lebensbezirken aufzutreten. Viele Eunotien etwa leben als Einzeller in fremden Watten, können sich aber auch zu Ketten zusammenschließen, die einen dichten, makroskopischen Behang an beliebigen Unterwassergegenständen bilden. Arten wie *Tabellaria fenestrata* treten fast gleichmäßig häufig als Plankter oder als Metaphyten auf oder bilden im Litoral eigene Watten. Viele Arten sind mit Gallertstielen auf der Unterlage festgewachsen. Andere kriechen auf dem Substrat, und ein Teil der Cymbellen und der Naviculeen ist in Gallertschläuchen beweglich, die ihrerseits festgeheftet sind. Dabei sind die epiphytischen Kieselalgen weniger wählerisch hinsichtlich des Substrates als die meisten Epiphyten aus den anderen Algengruppen, ein und dieselbe Form kommt auf toter wie auf lebender Unterlage der verschiedensten Art vor. Schließlich sind wohl alle normalerweise festhaftenden Formen in der Lage, auch losgerissen ohne Schaden weiterzuleben und sich fortzupflanzen, so daß man bei manchen Arten nicht weiß, welches ihr eigenlicher Lebensraum ist *(Tabellaria flocculosa)*. Und alle diese Vorgänge wie auch der Wechsel des Substrates vollziehen sich ohne Schwärmen oder andere Formveränderungen der Zelle. Vielleicht beruht die überragende Bedeutung der Kieselalgen mit auf dieser Tatsache, daß sich so viele von ihnen ohne Formveränderung, als Ein- und Vielzeller den verschiedensten Lebensbezirken anzupassen vermögen.

Da so gut wie alle Epiphyten der Kieselalgen auch im Metaphyton — losgerissen — vorkommen, und da sie wesentliche Merkmale des letzteren — die Verbreitung auf verschiedenartigen Substraten und die hohe Formbeständigkeit — und damit auch einen hohen Zeigerwert besitzen, so habe ich sie (im Gegensatz zu den Epiphyten der anderen Gruppen) auch mit beim Metaphyton aufgezählt, wenn sie nicht als Massenform des betreffenden Sees schon genannt waren.

Im Gegensatz zu den übrigen Lebensbereichen ist die Zusammensetzung des Metaphytons — auch was das Mengenverhältnis der einzelnen Arten betrifft — im gesamten Litoral der von mir untersuchten Seen von einer Gleichmäßigkeit, die immer wieder auffiel. (Über Schwankungen an extremen Stellen und an den Grenzen des Litorals soll später gesprochen werden.) Die oft genannte „Nesterbildung" einzelner Formen, die die Auswertung der Untersuchungsergebnisse so erschweren soll, habe ich in den Seen selbst kaum gefunden. Ihr Ort ist ein anderer: die kleinen Pfützen und Gräben in der Nähe des Sees sowie vor allem die Moosrasen oberhalb des Wasserspiegels, allgemein die Stellen, wo die Wasserbewegung keinen Ausgleich in der Verteilung der Formen schafft, wenn zufällig ein Individuum oder einige Individuen einer Art allein an einen Platz geraten sind und sich hier vermehrt haben. Im See selbst scheint die Wasserbewegung der Faktor zu sein, der immer wieder für eine gleichmäßige Verteilung der Formen wie für eine zeitige Neubesiedlung aller neu entstandenen Wohnmöglichkeiten sorgt. — Beim Periphyton ist die Lage hier wohl etwas anders, da es sich dabei meist um etwas größere Pflanzen handelt. Wenn sich ein Pflänzchen von *Tolypothrix* oder *Stigeoclonium* zwischen einem Rasen von Kieselalgen durchgesetzt hat, so kann es schon vorkommen, daß ein Untersucher, der beim Abschaben des Bewuchses gerade diese Stelle erwischt hat, eine ganz andere Zusammensetzung feststellt, als wenn er seine Probe von einer Stelle dicht daneben oder von einem benachbarten Halme genommen hätte. Je kleiner die Pflanzen sind, um so gleichmäßiger werden sie sich in einem bestimmten Raume verteilen, und wenn man *Tolypothrix*-pflänzchen, den Kieselalgenbewuchs oder das *Stigeoclonium* auf sein Metaphyton untersucht, so findet man sicher keinen Unterschied. Mir ist es jedenfalls immer so ergangen.

Die Arten des Metaphytons treten fast nur bei manchen Kieselalgen auch als Massenformen auf, und sie sind daher für den Haushalt des Sees meist belanglos. Um so größer ist ihr Zeigerwert für Untersuchungen, die der Beurteilung des Gewässers als Ganzes dienen. Die Gründe dafür ergeben sich zum Teil zwanglos aus dem Vorhergehenden und seien hier kurz zusammengefaßt:

1. Die Artenzahl des Metaphytons ist meist recht groß, oft größer als die aller übrigen Algen zusammen, und da jede Art andere Toleranzgebiete gegenüber den ökologischen Faktoren hat, lassen sich so am sichersten Unterschiede und Änderungen in den ökologischen Verhältnissen feststellen.

2. Man findet das Metaphyton fast im gesamten Litoral eines Sees in weitgehend gleicher artenmäßiger Zusammensetzung. (Ausnahmen sollen später besprochen werden.) Sein Vorkommen innerhalb des Litorals ist gewissermaßen an keine besonderen Voraussetzungen geknüpft, oder genauer: die einzige Voraussetzung, das Vorhandensein von anderen Pflanzen, die den Lebensraum für das Metaphyton schaffen, ist bei den meisten Seen an zahlreichen Stellen und auf die verschiedenste Weise erfüllt.

3. Die Formen des Metaphytons haben in ihrem Vorkommen eine sehr geringe jährliche Periodizität. Aus diesem Grunde und wegen des Fehlens von meist unauffindbaren oder nicht bestimmbaren Dauerstadien findet man sie meist das ganze Jahr hindurch im „normalen" vegetativen Zustande.

4. In den verschiedenen Jahren haben die Arten des Metaphytons eine viel geringere Schwankungsbreite in der Häufigkeit ihres Vorkommens als die übrigen Algen. Das ist eine Erfahrung, die ich immer wieder gemacht habe, und die ihre Erklärung wohl zum Teil darin findet, daß etwa der Uferbewuchs, der von zusätzlichen Bedingungen abhängig ist und außerdem durch die Notwendigkeit des Schwärmens zur Neubesiedlung eines Substrates in dieser Zeit besonders empfindlich gegen ungünstige Bedingungen ist, eben durch das Schwanken dieser Bedingungen in den verschiedenen Jahren sich auch verschieden stark entwickelt. Wie es kommt, daß gegenüber dem Plankton der gleiche Unterschied in der Beständigkeit besteht, ist noch ganz ungeklärt. Die Tatsache als solche ist aber völlig gesichert. Ob sie ihren Grund mit darin hat, daß das Litoral über der Uferbank einem geringeren Wasserwechsel ausgesetzt ist als das Pelagial, wo in den verschiedenen Jahren schon durch unterschiedliche Windverhältnisse verschiedene Mengen von Tiefenwasser und damit von Nährstoffen in die obersten Schichten gewirbelt werden? Doch wissen wir leider fast nichts über die Beteiligung des Litorals an den so gut studierten Wasserbewegungen des Pelagials.

5. Im Gegensatz zu den meisten Fadenalgen kann man fast alle Formen des Metaphytons im vegetativen Zustande sicher erkennen und braucht nicht die Zeit der Kopulation abzuwarten.

Im allgemeinen ist es so, daß man mit einer gewissen Erfahrung fast zu jeder Jahreszeit in einer Reihe gut gewählter Proben eines Sees die für den See kennzeichnenden Arten finden wird.

Das gewinnt seine volle Bedeutung für die Beurteilung eines Gewässers aber erst dann, wenn wir wissen, in welcher Weise die einzelnen Arten ein Gewässer kennzeichnen, und bis dahin ist noch ein weiter Weg.

Wir können diesen Weg nur beschreiten, indem wir vor der limnologischen Frage die entsprechende ökologische zu beantworten suchen, welches denn die unterschiedlichen Lebensbedingungen für die einzelnen Algenarten sind. Die Hauptschwierigkeit bei diesen Untersuchungen ist die Vielzahl der in einem See wirkenden veränderlichen Faktoren (siehe dazu auch Behre und Wehrle 1942). Wir müssen versuchen, zunächst die Fälle auszuwählen, wo die Zahl dieser Faktoren am geringsten ist. Auch da sind die Arten des Metaphytons am günstigsten. Wenn sie sich im ganzen Litoral gleichmäßig finden, während die übrigen Algen jeweils auf begrenzte Stellen lokalisert sind, so zeigt das wieder, daß für das Auftreten dieser Algen zusätzliche Bedingungen nötig sind, die für das Metaphyton keine Bedeutung haben. Für dieses sind nur die Bedingungen maßgebend, die im ganzen See oder doch wenigstens im ganzen Litoral konstant sind.

Und wenn das Metaphyton zweier Seen verschieden ist, so müssen die Unterschiede auf solchen Bedingungen beruhen, die innerhalb jedes einzelnen der Seen gleich sind, zwischen den beiden Seen aber unterschiedlich.

Wir dürfen mit einem gewissen Vorbehalt annehmen, daß das für die Seen eines bestimmten Gebietes in erster Linie die chemischen Verhältnisse sind. (Ob daneben Temperaturunterschiede in Frage kommen, läßt sich in jedem Falle leicht feststellen. Wenn in Braunwasserseen in höherem Maße das Licht als begrenzender Faktor wirkt, so drängt sich das Litoral auf ein schmaleres Gebiet zusammen, aber innerhalb dieses Gebietes gilt das gleiche.) Wir werden also die unterschiedliche Zusammensetzung des Metaphytons zweier Seen auf Verschiedenheiten im Chemismus zurückzuführen haben. Welche Faktoren dabei im einzelnen in Frage kommen, ist zum Teil an anderer Stelle genannt. (Siehe auch Behre und Wehrle 1942.) Hier sollte auch gezeigt werden, daß die Betrachtung des Metaphytons für die limnologische wie für die ökologische Aufgabe von Bedeutung ist und daß wir im besondern annehmen dürfen, daß das Metaphyton in reinerer Weise als die übrige Algenflora ein Spiegelbild des Chemismus eines Sees ist.

Wir müssen noch eingehen auf die Frage, wo die Einheitlichkeit des Metaphytons im Litoral ihre Grenzen hat.

Die Fadenalgenwatten, die sich für kurze Zeit im Frühjahrsüberschwemmungsgebiet eines Sees bilden, haben meist kein Metaphyton. Aber auch im See findet man es manchmal nicht oder nicht vollständig in jungen, schnellwachsenden Watten, etwa von *Spirogyra*. Es bedarf einer gewissen Zeit, bis die Kleinformen angeschwemmt sind und sich ihr zahlenmäßiges Gleichgewicht eingestellt hat. Man untersucht deshalb ältere Watten oder die älteren Teile von Unterwasserpflanzen. Beim Torfmoos haben die im freien Wasser wachsenden Pflanzen das typische Metaphyton des Sees. In den Torfmoosbeständen an den Ufern der Braunwasserseen treten neue Lebensgemeinschaften mit neuen Arten auf. Das allmähliche Verschwinden des Metaphytons in der Brandungszone der Seen nannten wir schon.

Durch Einflüsse von außen können lokale Änderungen in der Zusammensetzung des Metaphytons eintreten, so etwa vor den Mündungen der Entwässerungsgräben in den Sager Meeren und im Everser See.

Neu eingerichtete Kuhtränken am Pastorensee besiedelten sich schnell mit einer ausgesprochenen Verschmutzungsflora (S. 252). Ihre Kennzeichen sind die scharfe lokale und zeitliche Begrenzung dieser Flora, sowie das Auftreten recht verschiedenartiger Formen (meist Blaualgen und Eugleninen), selbst an benachbarten Tränken. — Solange die Verschmutzungsstellen an diesem See nicht überhandnahmen, war wenige Meter davon entfernt die typische Algenflora des Sees zu finden.

Anders wirken sich einige Tränken am Nordufer des Wollingster Sees aus. Die Tränken selbst zeigten wieder die typische Verschmutzungsflora, aber wohl weil die Stellen hier nicht durch einen Röhrichtgürtel vom

übrigen Seegebiet abgetrennt sind, so verteilt sich ihr Wasser schneller über den benachbarten Nordteil des Sees und allmählich über den ganzen See und wirkt in der Verdünnung eutrophierend. Diese Wirkung zeigt sich am ersten bei der Untersuchung der Algenflora, im besonderen des Metaphytons. Im nördlichen Teil des Sees finden sich, und zwar unverkennbar von Norden nach Süden vordringend, die eutraphenteren Algen des in der Trophiestufe nächst höheren Sees, des Pastorensees (siehe S. 258). Durch die dauernde Zufuhr eutrophierender Substanz an einer Stelle wird in diesem See seit Jahren ein Gefälle aufrechterhalten oder wieder erneuert, so daß der See zur Zeit keine ökologische Einheit darstellt.

Die in dem schmalen Wasserstreifen zwischen Ufer und Röhricht im Zwischenahner Meer auftretenden länger dauernden Verschmutzungsherde haben eine konstantere Algenflora und wirken sich auch auf die Umgebung aus. Die Einheit des Sees ist hier natürlich zeitweise gestört. Diese Tatsache selbst sowie Art und Umfang der Störung zeigt am besten die Algenflora: an den Verschmutzungsherden herrschen Oscillatorien, die Stärke und die Grenze der Wirkung auf die Umgebung verrät das nach allen Seiten ausstrahlende Metaphyton, in diesem Falle *Spirulina Jenneri, Merismopedia elegans fa.* und *Scenedesmus armatus.*

Genau genommen kennzeichnet das Metaphyton die chemischen Verhältnisse des Wohngewässers. Wo die Wasserbewegung nicht ausreicht, diese stets einheitlich zu halten, haben wir auch kein einheitliches Metaphyton für den ganzen See. In wesentlich größeren und morphologisch reicher gegliederten Seen als es die hier behandelten sind, muß man allgemein Unterschiede im Chemismus der einzelnen Teile eines Sees erwarten. Diese selbst und ihre Art im einzelnen werden wieder am sichersten durch das Metaphyton angezeigt.

Einige Untersuchungen wurden der Frage gewidmet, inwieweit das Metaphyton schon in unseren Seen ohne verschmutzende Einflüsse Unterschiede aufweist.

Im Röhricht nimmt der Algenbewuchs vom Rande nach dem Inneren zu schnell ab. Dabei treten auch andere Formen auf. Auch treibende Watten oder Unterwasserpflanzen *(Fontinalis)* findet man nur noch an einzelnen Stellen. Diese wenigen vorhandenen Substrate wurden untersucht, wobei diese Untersuchungen zuletzt auch auf den Dümmer ausgedehnt wurden, der einen besonders stark ausgebreiteten Schilfgürtel besitzt. Es zeigte sich dabei, daß das Vorkommen und die Verteilung des Metaphytons sich hier in keiner Weise von den übrigen Teilen des Litorals unterschied. Wo Pflanzen vorhanden waren, die Wohnraum gewähren konnten, wurden sie besiedelt. Man hat den Eindruck, als ob das Metaphyton sich durch eine besondere Anpassung gegenüber den Schwankungen der Lichtintensität auszeichnet, die es ihm gestattet, größere Teile des Litorals auszunutzen. Vielleicht wirkt sich beim Metaphyton die Auslese stärker als beim Bewuchs in Richtung einer größeren Anpassungsbreite gegenüber dem Licht

aus, da die Metaphyten als unbewegliche Formen sich ja im Gegensatz zum Bewuchs ihre Wohnplätze nicht selber aussuchen können.

Die Grenzen dieser Anpassungsfähigkeit zeigten sich hier bei der Untersuchung der Unterwasserwiesen. Bei unseren Seen gehen sie am tiefsten im Großen Bullensee herunter. Hier wurden am 2. 10. 1938 Moosproben *(Drepanocladus sp.)* aus 2, 3, 4 und 5 m Tiefe geholt und ihre Besiedlung untersucht. Das Ergebnis war das folgende: Es treten in diesen Tiefen keine neuen Formen auf. Von den Formen des flacheren Litorals fanden sich mit etwa gleichbleibender Häufigkeit bis in 5 m Tiefe: *Euglena mutabilis* (1—2, im oberen Litoral 3—4), *Spondylosium pulchellum* (2—3, auch oben 2—3) und *Merismopedia glauca* (2, oben 4, aber meist Bodenbewohner). *Closterium striolatum* nahm unten stark zu (von 2—3 im flachen Litoral auf 3—4, 3—4, 3—4 und 4 in den Tiefenproben), so daß es in diesen Tiefenwiesen herrscht. Die übrigen Formen nahmen mit zunehmender Tiefe ab: *Staurastrum punctulatum,* das sonst im See häufig ist (3—4), fand sich nicht in den Tiefenproben. *Micrasterias truncata* geht bis in 2 m,

Tabelle 4. Verteilung des Metaphytons im Kleinen Bullensee an der oberen Grenze des Litorals. 24. August 1952.

Ein e bezeichnet in der Tabelle einen Einzelfund, ein +-Zeichen einen Fund von zwei bis vier Exemplaren. Im übrigen bezeichnet:

Probe 1: Torfmoos in 1 m Tiefe treibend, vom Paddelboot aus gefischt, im Westen des Sees.

Probe 2: Torfmoos in 40 cm Tiefe, auf dem Boden im Süden des Sees.

Probe 3: Torfmoos über 40 cm Wassertiefe im Osten des Sees.

Probe 4: Torfmoos über 40 cm Wassertiefe im Süden des Sees.

Probe 5: Lebermoos und Torfmoos, im Osten über 40 cm Tiefe an einem mit dem Wasserspiegel beweglichen Halm von Heleocharis in Wasserspiegelhöhe hängend.

Probe 6: Torfmoos im Süden über 25 cm Tiefe.

Probe 7: Lebermoos im Süden über 15 cm Tiefe.

Probe 8: Lebermoos an ganz flacher Stelle im Süden. Dicht unter dem Wasserspiegel. Nicht muddig.

Probe 9: Torfmooswatte im Norden. Hier große Watten in sehr flachem Wasser.

Probe 10: Lebermoos im Osten, über 10 cm Tiefe, dicht unter Wasserspiegel.

Probe 11: Muddige Watte im Osten, in 10 cm Tiefe, Leber- und Torfmoos.

Probe 12: Stark muddiges, zerriebenes Torfmoos, am Südufer als mehrere qm große Watte auf dem Wasser liegend.

Probe 13: Lebermoosmudde in Wasserspiegelhöhe im Süden.

Probe 14: Lebermoos aus einem Bulten dicht über dem Wasserspiegel im Süden, nicht muddig.

Probe 15: Torfmoos im Süden, 1 m vom freien Wasser, nicht sehr naß.

Allgemeine Notiz bei der Untersuchung: Das Lebermoos hat im Gegensatz zum Torfmoos keine Epiphyten. An Metaphyten sind bei beiden die gleichen Arten vorhanden, manchmal auch in gleicher Häufigkeit, manchmal zwischen Lebermoos weniger als zwischen Torfmoos.

Nummer der Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Staurastrum inconspicuum	e		+		e										
Dictyosphaerium pulchellum	e	e	1—2	e	2	+									
Xanthidium antilopaeum			+	+		+		e							
Staurastrum margaritaceum	1—2		+		+	1	1			e				e	
Cosmarium pygmaeum	1		2—3	2	+	e	+								
Oocystis parva	1—2	1	2	1—2	1	1—2		1—2							
Frémyella tenera	2	2	e	2	2	2—3	2	1—2							
Asterococcus superbus		1	1—2	1—2	1—2	1—2	1—2	2							
Arthrodesmus incus v. extensus	3	2—3	4	3	3—4	4	3	2—3							e
Gymnozyga moniliformis	3	2—3	3	2—3	2—3	1—2	+		1						
Closterium pronum	2		2	1	1	1	1—2	1			e				
Oocystis solitaria	2	2	3	2—3	2—3	3	2—3	3	1						
Cosmarium cucurbita		1—2	+	1—2	+	2	+		2	e					
Staurastrum dejectum		1	2	1	1—2	1—2	e	e		1—2					
Gonyostomum semen		1—2		1—2		1—2		1—2	1—2			1—2			
Cryptomonas sp. sp.		2	3	2—3	2—3	4		2	4		2				2
Euastrum binale v. Gutwinskii	+	1—2	2	+	2	1—2	1	1		+	e				
Spondylosium pulchellum	1—2	2	2	2	3—4	1—2	2—3	2—3		2	2			1	1
Staurastrum aciculiferum	e	1	2	2	3	2—3	1—2	1—2	2	2		e			
Staurastrum furcatum		e	e	e	2	1—2	2	2—3	1—2	2—3		1	e		
Tetmemorus laevis					+										
Staurastrum Simonyi						+	1								
Frustulia rhomboides v. saxonica	2	2—3	3—4	2—3	3	2—3	2—3	2	1	2—3	2		2	2	
Euglena mutabilis						e	1—2	1	2	1	e	2	2	3	2
Tetmemorus Brébissonii					e		2	1	2—3	+		3	4	2—3	2
Euglena polymorpha					e							4	3	2—3	1?
Cylindrocystis Brébissonii									e				e	3	e

Cosmarium cucurbita nimmt gleichmäßig ab, die letzten Zellen wurden bei 4 m gefunden. *Staurastrum hirsutum* geht mit gleichbleibender Häufigkeit bis 4 m. *Cryptomonas ovata* und *Euastrum binale* var. *sectum* finden sich in etwas schwankender Häufigkeit bis 5, bzw. 4 m. Ein Versuch, nach dem Kriege noch einmal Proben aus diesen Wiesen zu holen, schlug leider fehl. Die Ergebnisse zeigen, daß die Minima und die Optima der Lebensbedingungen für die einzelnen Arten nicht gleich sind. Das Metaphyton der Tiefenwiesen ist hier eine Auslese aus dem der flacheren Stellen.

In ähnlicher Weise treten Unterschiede auf, wenn etwa Moosrasen in Wasserspiegelhöhe untersucht werden. Um hier das genauere Verhalten der einzelnen Arten kennenzulernen, wurden im Kleinen Bullensee am 24. 8. 1952 15 Torfmoos- und Lebermoosproben *(Sphagnum cuspidatum* und *Cephalozia fluitans)* aus Tiefen von 1 m bis über den Wasserspiegel zur Untersuchung entnommen. Da es sich hier um eine größere Artenzahl handelt, sei die Tabelle wiedergegeben. Sie soll zugleich am Beispiel zeigen, was unter „gleichmäßiger Verteilung" und „gleichbleibender relativer Häufigkeit" der einzelnen Arten zu verstehen ist. Allerdings ist wegen des sehr gleichartigen Substrates das Vorkommen hier doch etwas gleichmäßiger als im Durchschnitt. Die Tabelle bringt nur das eigentliche Metaphyton. Bewuchs und fädige Grünalgen sind fortgelassen, da sie ungleichmäßige Verteilung zeigen. — Etwas auffallend in der Tabelle ist die Ungleichmäßigkeit im Auftreten von *Gonyostomum semen* und *Cryptomonas.* Dies ist kennzeichnend für Flagellaten. Durch ihre Beweglichkeit sind sie doch wohl etwas mehr als andere Formen in der Lage, sich in den Kleinhabitaten etwas die besseren Plätze auszusuchen, so daß die ungünstigeren weniger besiedelt sind. Auch im Gläschen mit der Probe sammeln sie sich meist oben am Rande des Wassers, so daß es schwierig ist, für sie die richtige Häufigkeit abzuschätzen.

Im übrigen sind die Ergebnisse klar. Die ersten Spalten umfassen die Proben, die auch bei niedrigem Wasserspiegel stets unter Wasser sind, die nächsten Proben schauen zeitweise aus dem Wasser, und die letzten befinden sich meist oberhalb des Wasserspiegels. Die Proben stammen aus den verschiedensten Teilen des Sees. Die Toleranz der einzelnen Formen gegenüber der Luft ist nicht gleich. Die Hauptmenge der Arten sind typische Wasserbewohner, einige vermögen auch an der Oberfläche zu leben, und die letzten in der Tabelle sind ausgesprochen atmophytisch. *Tetmemorus Brébissonii* und vor allem *Cylindrocystis Brébissonii* zeigen auch sofort die Nesterbildung, die über dem Wasserspiegel einsetzt. *Euglena polymorpha* gehört eigentlich nicht zum Metaphyton, sondern sie ist Neustonbildner.

So findet man an den Grenzen des Litorals ein gewisses Schwanken in der Zusammensetzung des Metaphytons. Das ist aber nicht größer, als

man erwarten muß. Im Grunde möchte man immer noch nach einer unbekannten Ursache fragen, die die überraschende Gleichmäßigkeit in der Verteilung bewirkt.

β) Die Stellung des Metaphytons zu den Pflanzengesellschaften

Wenn das Metaphyton eines Litorals etwas Einheitliches ist und seine Vertreter in einem Gewässer immer zusammen und etwa im gleichen Mengenverhältnis zueinander vorkommen, so ist es darum doch keine Assoziation im Sinne der Pflanzensoziologie. Denn unser Metaphyton lebt ja zwischen immer anderen und den verschiedensten Assoziationen angehörenden Pflanzen: zwischen den Büscheln von Cladophora in der Wellenschlagzone, in den Watten auf der Oberfläche treibender Zygnemales, zwischen den Blättern von Wassermoosen und Unterwasserphanerogamen. So ist es keine selbständige Assoziation, und wenn man seine Vertreter den Assoziationen der Blütenpflanzen zuordnen wollte, mit denen zusammen oder in deren Bereich sie vorkommen, so wären sie hier bei jeder Assoziation zwar höchst stete, aber zugleich auch höchst untreue Begleiter, denen man für die Soziologie keine Bedeutung zusprechen könnte.

Das gleiche gilt, wenn man das Metaphyton den Assoziationen der makrophytischen Algen zuordnet. Das zeigt am besten das Beispiel Sauers (1937), der Algenassoziationen wie das *Ulotricetum zonatae* und das *Cladophoretum glomeratae* auf je einer Charakterart aufbaut, während die sehr zahlreichen Begleiter der wichtigsten Algenassoziation des bewegten Wassers, eben des *Cladophoretum glomeratae,* und der entsprechenden Assoziation des stillen Wassers, des *Cladophoretum crispatae*, die gleichen sind. (Siehe hierzu auch S. 229.)

Wenn wir aber fast nur an Hand dieser pflanzensoziologisch bedeutungslos gemachten „Begleiter" die feineren ökologischen Unterschiede zwischen den Seen wie innerhalb der Seen und auch die Entwicklungsrichtung der Seen feststellen konnten, so zeigt das, daß die Methode einer solchen Zuordnung und vielleicht diese ganze Betrachtungsweise hier falsch ist.

Und das muß sie auch!

Die Phanerogamen-Assoziationen eines Sees stellen in ihrer Gesamtheit die Phasen des Kampfes einer Land- und Luftpflanze gegen das Element Wasser dar und werden durch diesen Kampf bestimmt. Eine solche Pflanze will im Boden wurzeln und so lange wie möglich an der Luft assimilieren. Daher an den flacheren Stellen der Röhrichtgürtel, der die assimilierenden Teile hoch in die Luft hinaushebt. Wo das Wasser dafür zu tief wird, versucht diese Pflanze im Wasserrosengürtel wenigstens mit großen Blattflächen auf der Wasseroberfläche sich auszubreiten. Und erst, wo auch das nicht mehr gelingt, wird sie zur Unterwasserpflanze, und hier muß sie bald mit Moosen und Charen sich in die Herrschaft teilen. — Für die Algen als Wasserpflanzen sind diese Probleme nicht vorhanden. Für

sie ist hier nur von Bedeutung, daß die Blütenpflanzen durch ihre größere Lebenskraft den Lebensraum umgestalten, den Algen Licht und Nährsalze wegnehmen, ihnen Wohnraum nehmen und an anderer Stelle wieder geben. So versteht man, daß das Metaphyton weit über die Phanerogamen-Assoziationen hinausgreift und im ganzen Litoral einheitlich ist.

Aber auch für die festsitzenden Algen sind statt der eben für die Blütenpflanzen geschilderten Schwierigkeiten ganz andere vorhanden. Sie können nicht wie diese in den weichen Boden eindringen und dort wurzeln, aber sie können auf fester Unterlage haften, wozu die Phanerogamen gerade nicht befähigt sind. Die Kleinstandorte dieser beiden Gruppen schließen sich also aus. Doch auch sonst ist für sie die Lage ganz verschieden. Eine geringe Senkung des Wasserspiegels, die für die Phanerogamen-Assoziationen noch bedeutungslos ist, kann das ganze *Ulotricetum zonatae* oder das *Cladophoretum glomeratae* vernichten. So müssen in einem Gewässer mit schwankendem Wasserstand neben dem gleichen Röhricht ganz andere Algen vorhanden sein als in einem mit konstantem Wasserspiegel. Die Windexposition wirkt sich für die größeren Algenformen wesentlich stärker aus als für das Röhricht. Die jährliche Neubesiedlung des Substrates schafft für die Algen neue Probleme, die die Blütenpflanzen nicht kennen. Und neue Probleme heißt: neue Unterschiede im Vorkommen. — Die festsitzenden Algen sind zwar nicht im ganzen Litoral einheitlich (weil die genannten zusätzlichen Bedingungen Unterschiede in der Besiedlung schaffen), aber ihre Verteilung im Litoral geht nach ganz anderen Gesetzmäßigkeiten als die der Blütenpflanzen vor sich. Wir können auch sie nicht als „zugehörige" Pflanzengesellschaften an die der Phanerogamen anhängen. (Siehe Panknin 1945.)

Noch ein anderes sehr Wesentliches kommt hinzu: Die Aufstellung einer Phanerogamen-Assoziation erfolgt nach der floristischen Übereinstimmung der Bestandsaufnahmen. Aber die Pflanzensoziologen sind sich darüber einig, daß damit auch enge Beziehungen zum Standort dieser Assoziation gegeben sind. Braun-Blanquet schreibt (1951, S. 16): „Eine Pflanzengesellschaft kann an zahlreichen Fundstellen vorkommen, sie gedeiht aber meist nur an einem ganz bestimmten, ökologisch charakterisierbaren Standort", und Tüxen und Preising zitieren Braun-Blanquet zustimmend (T. u. P. 1942, S. 18): „Jede Assoziation verdankt ihr Dasein dem Zusammenwirken ganz bestimmter Außenbedingungen." Diese Außenbedingungen müssen in einem begrenzten Gebiet doch in erster Linie die Bedingungen des Bodens sein, der den Pflanzen Wasser und Nahrung gibt. Wenn man die Pflanzengesellschaften nicht nach dem Standort umschreibt und einteilt, so geschieht das nur deshalb, weil die Beschreibung des (allgemeinen) Standortes weit schwieriger ist als die der Assoziation selbst (siehe Braun-Blanquet 1951, S. 15 u. 16). In Wirklichkeit bekommen die Assoziationen ihren vollen Sinn erst durch eben diese Beziehungen zu ihrem Standort, und ihr viel genannter Zeigerwert für den Boden ist nur dadurch verständlich.

Hier sind nun bei den Algen besondere Verhältnisse. Auch die festsitzenden Formen bekommen ihr Wasser und ihre Nährsalze nicht aus dem Substrat, auf dem sie haften, sondern aus dem sie umgebenden Wasser des Sees.

Die Beziehungen, die die auf dem Lande wachsende Pflanze zu ihrem Boden als ernährendem Standort hat, haben also die Algen nicht zu einem an jeder Stelle andersartigen Substrat, sondern zu der Wassermasse um sie her. Und hier hat die Natur für die Algen einen Lebensraum von einer Ausgeglichenheit und einer Einheitlichkeit der Nahrungsverhältnisse und der sonstigen Faktoren geschaffen, wie ihn das feste Land nicht kennt. Von dieser ökologischen Einheit des Wohngewässers aus müssen wir auch seine Algenwelt zu verstehen suchen. Das können wir aber nicht, wenn wir uns weiterhin damit begnügen, den äußeren Schematismus der Phanerogamensoziologie nachzuahmen, der den Verhältnsisen auf dem festen Lande in allen Einzelheiten angepaßt ist.

d) Die Bodenbewohner

Da die Algen in unseren Seen keine Unterwasserwiesen bilden, so kann hier nur einiges über die Bodenflora an den Stellen des Litorals gesagt werden, die frei sind vom Bewuchs höherer Pflanzen. Diese Flora besteht im wesentlichen in einer Auslese aus dem Plankton und vor allem dem Metaphyton, die diejenigen Formen bevorzugt, die in der Lage sind, sich durch eine gewisse Eigenbewegung aus dem Sande — seltener aus dem Schlamm — wieder nach oben zu arbeiten, wenn sie verschüttet sind. *Oscillatoria splendida, O. Borneti, O. tenuis,* die großen Surirellen, Pinnularien und Closterien sowie einige Micrasterien und Euastren sind hier vor allem zu nennen. Man hat den Eindruck, daß hierher ein dauernder Zustrom von Formen des Metaphytons kommt, die durch die Wasserbewegung nicht in ihren eigentlichen Lebensraum zwischen andere Wasserpflanzen gebracht sind, sondern auf den Boden geraten, wo sie je nach ihren Fähigkeiten, sich mit diesen Verhältnissen abzufinden, kürzere oder längere Zeit vegetieren, vielleicht sich auch vermehren, aber wenigstens zum Teil schließlich zugrunde gehen, wenn sie nicht durch eine Strömung wieder nach oben getragen werden. Einige Arten, wie die drei genannten Oscillatorien, fühlen sich auf einem nicht zu sehr bewegten Sandboden, wie er etwa in den kleinen Lücken einer Litorella- oder Lobeliawiese sich findet, wohl eben so zu Hause wie zwischen den Blättern dieser Pflanzen selbst. An ruhigen Stellen können auch *Chroococcus turgidus* oder *Merismopedia glauca* den ganzen Sandboden mit einem grünlich schimmernden Überzug bedecken.

Nur vereinzelt findet man Formen, die an die Verhältnisse auf dem Boden besonders angepaßt sind und diesen Lebensraum vor anderen bevorzugen. Und zwar habe ich nur Anpassungen an Sandboden gesehen, während der Schlamm fast frei ist von autotrophen Kleinlebewesen, wenn

nicht etwa *Oscillatoria*-Watten Raum für ein Metaphyton schaffen. Auf Sandkörnern angeklebt war im Wollingster See eine dünnfädige, nicht bestimmbare Hormogonale, im Großen Bullensee eine kleinzellige Protococcale oder Tetrasporale mit einer engen, zähen Gallerthülle. *Synechococcus major* lebt zwischen den Sandkörnern in mehreren Seen und arbeitet sich durch seine ruckartigen Bewegungen wohl immer wieder empor. *Tabellaria binalis, Scenedesmus antennatus* und seine *var. tetradesmiformis* kleben sich mit Gallertpfropfen an Sandkörnern fest. Ebenso macht es vorübergehend *Chlorogonium curvicauda,* das als weitere Anpassung an das Leben auf den Sandkörnchen eine Krümmung des Hinterendes hat, die es ihm gestattet, mit dem Körper der Oberfläche des Sandkörnchens parallel zu liegen und so der Strömung eine geringere Angriffsfläche zu bieten, wenn es sich mit dem Hinterende festgeheftet hat. *Hormidium subtile* ist wohl die einzige größere Alge, die an das Leben auf dem Sandboden angepaßt ist und den Sand sogar noch etwas festzulegen vermag, indem sie sich in dichten Watten mit ihren Auswüchsen an die obersten Sandkörner des Bodens anheftet.

5. Vergleich der Seen

a) Zusammenfassende Charakteristik

Zwischenahner Meer: Der größte See. Alkalisch. Eutroph. Kalkreich. Deutlich humos. 319 Algenarten, darunter 108 = 33,8 % eigene Arten, die in keinem der anderen untersuchten Seen gefunden wurden, unter den eigenen Arten eine große Zahl von Massenformen. Während der Untersuchungszeit keine Änderung des pH, keine Entwicklung der Flora. Im Vergleich zu den Untersuchungen Lemmermanns 1897/98 starke Entwicklung des Planktons, wohl unter eutrophierenden Einflüssen.

Sager Meere: Neutral bis schwach sauer. Schwach eutroph. Kalkarm. Vor allem das Kleine Meer humos. Das Große Meer 397 Arten, davon 38 = 9,8 % eigene, das Kleine 384 Arten, davon 33 = 8,6 % eigene. Die Seen werden saurer; ihre Flora entwickelt sich in Richtung zu der der nächst saureren Seen.

Everser See: Der kleinste See. Schwach sauer. Kaum eutroph. Mäßiger Kalkgehalt. Humos. 270 Arten, davon 40 = 14,8 % eigene. Keine Änderung des pH, sehr geringe Änderung in der Zusammensetzung der Flora.

Pastorensee: Etwas stärker sauer. Mäßig eutroph, neuerdings verschmutzend. Kalkarm. Wenig humos. 345 Arten, davon 44 = 12,8 % eigene. Keine Änderung des pH. Trotzdem Entwicklung der Flora, zum Teil in Richtung zu den stärker eutrophen Seen, zum Teil (durch Verschmutzung) treten Formen auf, die in den benachbarten Seen der pH-Reihe fehlen, und es verschwinden Arten, die in diesen vorhanden sind. Zuletzt starke Abnahme der Desmidiaceen.

Wollingster See: Anfänglich stark sauer, jetzt schwächer sauer. Anfänglich stark, jetzt nur noch schwach oligotroph. Sehr kalkarm. Klarwassersee. 222 Arten, davon 12 = 5,4 % eigene. Schnelle Entwicklung der Flora in Richtung zu der des Pastorensees.

Silbersee: Anfänglich stark sauer, jetzt schwächer sauer, Änderung des pH aber geringer als im Wollingster See. Kaum oligotroph. Kalkarm. Humos. 160 Arten, davon 11 = 6,9 % eigene. Langsame Entwicklung in Richtung zum Wollingster See oder gleichsinnig mit ihm.

Großer Bullensee: Sehr stark sauer, sehr oligotroph. Sehr kalkarm. Klarwassersee. 108 Arten, davon 9 = 8,3 % eigene. Schwache Eutrophierung durch Badebetrieb, keine Änderung des pH. Vielleicht geringe Entwicklung der Flora in Richtung zu der des Kleinen Bullensees.

Kleiner Bullensee: Sehr stark sauer. Oligotroph. Sehr kalkarm. Humos. 109 Arten, davon 15 = 13,9 % eigene. Keine Änderung des pH, keine Entwicklung der Flora.

b) Die Produktivität der Seen

Die Stoffproduktion unserer Seen — gemessen an der in ihnen vorhandenen Menge lebender organischer Substanz — ist sehr verschieden. Der Anteil der Algen an der Gesamtproduktion ist außerordentlich verschieden.

Das Zwischenahner Meer hat eine sehr reiche Stoffproduktion. Den Hauptanteil davon liefert zweifellos das Plankton, mehr als die Blütenpflanzen und die Algen des Litorals zusammen. Das liegt einmal an der relativ geringen Uferlänge dieses größten unserer Seen, dann aber auch daran, daß das Plankton wirklich das ganze Jahr über sehr reich entwickelt ist und dazu mehrmals jährlich eine ausgesprochene Wasserblüte bildet. Innerhalb des Litorals tritt der Anteil der Algen gegenüber den Blütenpflanzen zurück, ist aber noch durchaus beachtlich.

Die Sager Meere haben eine wesentlich geringere Produktion, die im Verhältnis zu der der folgenden Seen aber doch noch reich ist. Das Plankton ist stets ärmer, eine eigentliche Wasserblüte fehlt. Das Röhricht begleitet die Ufer weniger als zur Hälfte. Hinzu kommen allerdings die ziemlich reichlichen Myriophyllumwiesen. Das Litoral möchte im ganzen wohl mehr Substanz als das Plankton produzieren. Innerhalb des Litorals ist der Anteil der Algen trotz des fehlenden Cladophora-Saumes durch die großen Watten im Windschutz des benachbarten Höhenzuges und durch die längere Dauer der Vegetationsperiode wohl größer als im Zwischenahner Meer.

Die Produktion des Everser Sees ist trotz seines höheren Kalkgehaltes und der Lage im Windschatten ziemlich gering. Das Plankton ist nur gelegentlich reicher entwickelt. Nur auf einer Seite des Sees finden wir ein schütteres Röhricht ohne *Phragmites* und *Scirpus lacustris*. Trotz-

dem bildet dieses Röhricht zusammen mit den Schwimmblattpflanzen fast die gesamte Produktion, da auch die größeren Litoralalgen nur sehr spärlich vorhanden sind.

Der Pastorensee hat wieder eine sehr reiche Produktion, wohl eine Folge der Kultur, die ihn eutrophieren und jetzt verschmutzen läßt. Die Produktion beruht aber fast nur auf dem sehr umfangreichen Röhricht und — zum geringeren Teile — auf den Unterwasserwiesen von *Fontinalis* und *Litorella*. Die Bedeutung der Algen für sie ist trotz der sehr hohen Artenzahl nur gering. Das Plankton wie die größeren Grünalgen sind nur sehr mäßig entwickelt, und die Kieselalgen treten auffällig zurück.

Auch im Wollingster See spielt die menschliche Kultur die entscheidende Rolle. Ursprünglich sehr ärmlich, hat er jetzt eine mittelmäßige Produktion, die im wesentlichen von dem kräftig sich ausbreitenden Röhricht und den sehr umfangreichen Lobelia- und Litorellawiesen geliefert wird. Den letzteren hat die Eutrophierung bisher keineswegs geschadet. Der Anteil der Algen tritt ziemlich zurück, doch hat das ursprünglich äußerst ärmliche Plankton inzwischen einmal eine Wasserblüte entwickelt, und auch die Menge der Litoralalgen nimmt zu.

Der Silbersee, der immer etwas stärker saure und mehr mit Humusstoffen durchsetzte Bruder des Wollingster Sees, hatte stets eine viel reichlichere pflanzliche Produktion als dieser, obwohl sein Gehalt an Nährsalzen nicht höher ist. Der Röhrichtgürtel von *Typha angustifolia*, eine reiche Wasserrosenzone und die weit ausgebreiteten Wiesen von *Litorella, Lobelia* und *Isoëtes* liefern diese Stoffmenge. Die Algen spielen keine Rolle. Makroskopische Algen fehlen fast ganz, und das Plankton ist so ärmlich wie ursprünglich im Wollingster See.

Ähnliche Beziehungen wie zwischen Wollingster und Silbersee bestehen auch zwischen den beiden Bullenseen, den sauersten und nährsalzärmsten unserer Seen, wo aber der Große See ein ausgesprochener Klarwassersee ist und der Kleine braunes Wasser hat. Der erstere ist der an lebender Substanz ärmste unserer Seen. Am Ufer ist nur ein dünner Flaum von *Heleocharis*, das Plankton enthält meist nichts oder fast nichts. Die Hauptstoffmenge wird von den *Drepanocladus*-Wiesen geliefert, die in verschiedenen Tiefen sich ausbreiten, aber doch die bei weitem größten Teile des Sandbodens frei lassen. Innerhalb dieser geringen Stoffproduktion spielen aber die Algen eine relativ bedeutende Rolle durch die manchmal (und vor allem auch im Winter) ziemlich ausgedehnten Behänge von *Mougeotia*.

Die Stoffproduktion des Kleinen Sees muß man als reich bezeichnen, nicht so sehr wegen des *Scirpus-lacustris*-Bestandes, der hier zum *Heleocharis*-Flaum hinzukommt, sondern wegen der die ganzen flacheren Teile des Sees bedeckenden Massen von *Cephalozia fluitans* und *Sphagnum cuspidatum*. Demgegenüber kann man von einer nennenswerten Stoffproduktion durch die Algen eigentlich gar nicht sprechen. Wie im Silbersee, sind

fast gar keine makroskopischen Watten vorhanden, und das Plankton ist fast ebenso ärmlich wie das des Großen Bullensees.

Zum Teil möchten diese sehr auffälligen Unterschiede zwischen den beiden Bullenseen darauf beruhen, daß der Große See etwas mehr den Westwinden ausgesetzt ist als der ganz vom Wald umgebene Kleine. Tatsächlich sind in jenem die *Drepanocladus*-Wiesen an den flacheren Stellen gerade dort, wo die Wasserbewegung am geringsten ist. Doch auch der Große See ist zu $^2/_3$ von Wald umgeben, und auch an seinen ruhigen Stellen sind die *Drepanocladus*-Wiesen längst nicht so üppig wie die Watten im Kleinen See. Außerdem läßt sich der Parallelfall des Wollingster und Silbersees nicht so erklären, denn bei diesen beiden ist die Windexposition etwa die gleiche.

Zunächst sind weitere Beobachtungen nötig, um festzustellen, ob das, was hier zwei Beispiele gezeigt haben, sich verallgemeinern läßt, nämlich daß von zwei sonst etwa gleichen Seen jeweils der humusreichere die größere Stoffproduktion hat, wobei aber in diesem der Anteil der Algen an dieser Produktion wesentlich geringer ist. Daß sich der Satz nicht auf Seen mit sehr hohem Humusgehalt ausdehnen läßt, zeigen einzelne ausgesprochene Humusseen bei Bremen, wie etwa der Bültersee, der nur eine sehr geringe pflanzliche Produktion hat. Andererseits scheinen mir auch andere Anzeichen darauf hinzudeuten, daß in sehr nährsalzarmen Seen ein gewisser Humusgehalt eine Erhöhung der Trophie bedeutet.

c) Die oligotrophen Seen

α) Zur Frage der Lobeliaseen

1926 hat Donat vorgeschlagen, aus botanischen Gründen den oligotrophen Seentypus zu beschränken auf die *Isoëtes-Lobelia*-Seen, die diese beiden Pflanzen als Charakterarten besitzen, und er hat diesen Seentypus durch eine Reihe von weiteren Pflanzen gekennzeichnet, die regelmäßig in ihm vorkommen sollen. Diese Einteilung ist nach den jetzigen Befunden nicht mehr haltbar. Gerade unsere am meisten oligotrophen Seen, die beiden Bullenseen, haben diese Pflanzen nicht. Und zwar ist es ein Klarwassersee und ein See mit braunem Wasser, dem sie fehlen. Offenbar sind diese Seen für *Lobelia* und *Isoëtes* zu sehr oligotroph, und wenn die beiden Pflanzen in den am meisten oligotrophen Seen nicht vorkommen, so kann man sie nicht zur Kennzeichnung dieses Seentypus verwenden.

Doch auch der Wollingster und der Silbersee entsprechen nicht ganz dem Donatschen Typus. Zwar haben sie außer *Lobelia* und *Isoëtes* noch den wichtigsten Begleiter, *Litorella lacustris*, aber von den weiteren genannten Blütenpflanzen fehlen die meisten, und vor allem die Desmidiaceen, die regelmäßig in den *Lobelia-Isoëtes*-Seen vorkommen und fast auf diese beschränkt sein sollen, fehlen hier ganz. Es sind *Staurastrum brasiliense* var. *Lundellii*, *St. ophiura* und *St. longispinum*. Ebenso sind *Micrasterias radiata* und *Staurastrum arctiscon* nicht gefunden, die nach

Donat „in keinem Lobeliasee fehlen dürften", aber auch anderswo vorkommen. Da es sich bei allen diesen Desmidiaceen um sehr große und auffällige Formen handelt, können sie nicht übersehen sein, sondern wir müssen annehmen, daß der nordwestdeutsche Typus des Lobeliasees dem Donatschen, nach holsteinischen und pommerschen Seen aufgestellten nicht entspricht.

Bemerkenswert ist noch die schon anderweitig festgestellte Tatsache, daß *Litorella* deutlich eutraphenter ist als die beiden anderen Arten. Mit zunehmender Eutrophierung des Gewässers verdrängt sie im Silbersee *Lobelia*, im schon stärker eutrophen Wollingster See *Lobelia* und *Isoëtes*, und im Pastorensee kommt sie schließlich nur noch allein vor. — Auch in dem am meisten eutrophen Teich der Truper Blänken, eines alkalischen Gewässers bei Bremen, wurde *Litorella* noch gefunden, während in den Sager Meeren nur *Lobelia* vorhanden ist.

β) Die Bullenseen

Da die beiden Bullenseen für unsere Verhältnisse so extrem oligotroph sind, wollen wir noch einige ihrer gemeinsamen Merkmale hervorheben. (Die bedeutenden Unterschiede zwischen beiden sind schon auf Seite 265 und 266 dargelegt.) Sie haben die geringste Artenzahl an Algen von allen Seen, und auch diese Arten kommen nicht als Massenformen vor. Das letztere könnte man für den Großen Bullensee damit erklären, daß hier Nährstoffarmut das Wesen des extremen Zustandes ist; dann können auch die wenigen vorhandenen Formen nicht in Massen vorkommen. Ob sich diese Erklärung auch für den Kleinen See mit seinen großen Unterwasserwiesen anwenden läßt, ist etwas zweifelhaft. — Bezeichnend ist zunächst, was den Seen an Arten fehlt. Selbst die an das Leben auf dem Sandboden besonders angepaßten *Scenedesmus antennatus* und *Synechococcus major* wurden nicht, *Hormidium subtile* wird kaum gefunden. Es fehlt auch die „Sanddiatomee" *Caloneis ladogensis* var. *densestriata* (deren Verbreitungsgebiet in unseren Seen sich genau mit dem von *Litorella lacustris* deckt). Darüber hinaus fehlt in ihnen an Formen, die noch in den nächst oligotrophen Seen häufig oder doch regelmäßig vorkommen: *Oscillatoria splendida, O. tenuis, Rhipidodendron Huxleyi, Stigeoclonium tenue, Closterium costatum, Cl. Cynthia, Cl. Dianae, Cl. setaceum, Micrasterias Thomasiana* var. *notata, Eunotia veneris, Nitzchia palea, Eunotia pectinalis, Pinnularia microstauron.* Ganz fehlen die Gattungen *Spirogyra, Zygnema* und *Bulbochaete* (die beiden letzten allerdings auch im Silbersee). Was an Mougeotien und Oedogonien vorhanden ist, sind ausgesprochen dünnfädige Formen.

Andererseits findet man nur in diesen Seen, hier aber ziemlich häufig: *Dinobryon pediforme, Oedogonium Itzigsohnii, Staurastrum dejectum, St. Simonyi, Gymnozyga moniliformis, Staurastrum aciculiferum, St. furcatum* (die beiden letzten im Großen See selten). Ihren Hauptlebensraum

haben hier auch *Cosmarium Cucurbita, Euastrum binale* var. *sectum* und vor allem die *Cryptomonas*-Arten, bei denen zu *Cryptomonas ovata* und *Cr. erosa* noch *Cr. tetrapyrenoidosa, Cr. Ozolinii* und wahrscheinlich noch weitere Arten kommen. Die in allen Seen vorkommende *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* hat hier ihr Häufigkeitsmaximum und ist fast in jeder Probe zu finden. — Das für die Torfmoosseen kennzeichnende Neuston von *Euglena polymorpha* ist auch hier vorhanden.

6. Systematischer Teil

Die Häufigkeitsangaben sind in der bekannten Weise mit den Zahlen 1—5 nach steigender Häufigkeit gemacht. Ein +-Zeichen bezeichnet sehr wenige, meist etwa 2—5 Individuen. Ein Einzelfund wurde als solcher angegeben oder gar nicht berücksichtigt. Die pH-Angabe bezieht sich auf den Bereich, innerhalb dessen die Algen in unseren Seen gefunden wurden. Hierbei wurde auch die Änderung in der Azidität der Seen sowie das Vorkommen nur an Stellen abweichender Azidität berücksichtigt. Die Beschränkung des Vorkommens auf den ersten oder den zweiten Abschnitt unserer Untersuchungen konnte nur bei den häufigeren Formen mit angegeben werden. — Als Abkürzung für die Seen wurde verwendet: Zw = Zwischenahner Meer, Sa = Großes Sager Meer, sa = Kleines Sager Meer, Ev = Everser See, Pa = Pastorensee, Wo = Wollingster See, Si = Silbersee, Bu = Großer Bullensee, bu = Kleiner Bullensee.

Bacteriophyta

1. *Lampropedia hyalina* Schröter. — pH 7—8. Zw: einige Male an verschmutzten Stellen.

2. *Gallionella ferruginea* Ehrenb. — Sa: Zuflußgräben 2.

3. *Leptothrix ochracea* Kütz. — pH 5—6,5. Sa: Zuflußgräben 4, Ev 1—2.

4. *Cladothrix dichotoma* Cohn. — pH 5,5—9. Zw 2, sa +, Ev +, Pa und Wo an verschmutzten Stellen vereinzelt.

5. *Beggiatoa alba* (Vaucher) Trevis. — Fadendicke 2,5—5 μ. — pH (5,0—) 5,5—9. Zw 2, Sa 1, sa +, Wo 1—2.

6. *B. leptomitiformis* (Menegh.) Trevis. — Fadendicke 1—2,5 μ. — pH 4,5 bis 9. Zw 1, Sa 1, sa 1, Pa 2—3, Wo 1—2.

7. *Achromatium oxaliferum* Schew. — pH (4,0—)4,7—9. Zw 2, Sa 2, sa 2—3, Ev 2—3, Pa 2, Wo +, Si 1—2, Bu +.

8. *Thiospira Winogradskii* (Omel.) Wisl. — Br. 2,5—3 μ, L. 15—30 μ. Si: zwischen muddigem Torfmoos einmal nicht selten.

9. *Thiocystis violacea* Winogr. — pH 6,0—6,5. Ev. 1.

Cyanophyta

1. *Microcystis aeruginosa* Kütz. em. W. L., Teiling. — Alle von Teiling (1912) abgebildeten Entwicklungsstadien vorhanden, vor allem auch die von Crow als *M. pseudofilamentosa* beschriebene Form, deren Bildung

durch Auseinanderklappen der zusammengesetzten Kolonien ganz der Schilderung TEILINGS entspricht. — pH 7,0—9,0. Zw. 5.

2. *M. flos-aquae* (WITTR.) KIRCHN. em. W. L., TEILING. — Stets sicher von der vorigen Art zu unterscheiden. — pH (6—)7—9. Zw 2—3, Sa 1, sa +

3. *M. incerta* LEMMERMANN. — Ich möchte diese Art nicht zu *M. pulverea* rechnen, von der sie sich nicht nur durch die geringere Zellgröße unterscheidet, sondern vor allem auch durch die stark zerfließliche Gallerthülle. (LEMMERMANN schreibt 1910, S. 76: „Mit deutlicher, später zerfließender Gallerthülle".) Ich fand sie häufig in mehreren eutrophen Seen Nordwestdeutschlands, immer mit einer Zellgröße von etwa 1 μ, mit dicht gelagerten, schwach blau-grünen Zellen, in einheitlichen oder zerrissenen, niemals aber netzförmigen Lagern. Die Gallerte ist fast immer erst nach Färbung zu erkennen und nie scharf umrandet. — pH 7—9. Zw 3.

4. *M. parasitica* KÜTZ. — pH 5,4—6,5(—9). Zw 1, Sa 1, sa +, Pa 2.

5. *M. pulverea* (WOOD) FORTI. — pH 5,4—6,5 (—9). Zw 1, Pa 2, im Plankton und zwischen Watten.

6. *M. viridis* (A. BR.) LEMM. em. W.-L., TEILING. — Fast stets von den daneben vorkommenden Kolonien von *M. aeruginosa* und *M. flos-aquae* sicher zu unterscheiden durch die eckigen Teilkolonien und die individuellen Gallerthüllen. — pH 7—9. Zw 2—3.

7. *Aphanothece Castagnei* (BRÉB) RBH. — Zellen 3×5—5,5 μ, dicht gedrängt in mikroskopischen Lagern. — pH 7—9. Zw 1—2.

8. *A. microscopica* NÄG. — Zellen 4×5,5—8 μ. Lager nicht frei schwimmend, sondern verschiedenartigem Substrat aufliegend. — pH um 7. Sa 1—2, sa +.

9. *Chroococcus giganteus* W. WEST. — Zellen ohne Hülle 48—55 μ groß. — pH 4—5. bu 1.

10. *Chr. limneticus* LEMM. Lager meist dreidimensional entwickelt. — pH (6,3—)7—9. Zw. 3, Ev 1.

11. *Chr. minutus* (KÜTZ.) NÄG. — In typischer Ausbildung. Zellen um 5,5 μ, meist Viererkolonien, bei denen die Zellen in einer Ebene liegen. — pH 4,5—6,7. Sa 1, sa +, Wo 1—2.

12. *Chr. turgidus* (KÜTZ.) NÄG. — Zellen ohne Hülle (12—)16—30 μ. — pH 4—5,6(—6,7). sa +, Pa 1—2, Wo 2—3, Si 2—3, Bu 2—3, bu 2.

13. *Gomphosphaeria aponina* KÜTZ. — Bu: einmal eine typische Kolonie.

14. *G. lacustris* CHOD. — Vor allem an älteren Kolonien sind die Gallertfäden gut zu erkennen. Manchmal findet man die Verbindungsgallerte noch im Plankton, wenn die Zellen schon abgefallen sind. Von dem zugleich vorhandenen *Coelosphaerium Kützingianum* auch durch die blassere Zellfärbung meist deutlich unterschieden. — pH 7—9. Zw 3.

15. *Coelosphaerium dubium* GRUNOW. — Zellen mit Gasvakuolen, 6,5 μ groß, Kolonien um 55 μ groß, mit scharf abgesetzter, nicht geschichteter Gallerthülle. — Zw: in einer Probe nicht selten.

16. *C. Kützingianum* Näg. — pH 7—9. Zw. 3.

17. *C. Naegelianum* Ung. — Zellen meist um 3,5×5 μ groß. — pH 6,5—9. Zw 4—5, Sa: nach dem Kriege 2—3, sa: vor dem Kriege +, nachher 3. Ev: vor dem Kriege 4, nachher +.

18. *C. pusillum* van Goor? — Zellen blaßgrau, um 2,5 μ groß, meist zu vieren genähert, locker, Kolonien um 50 μ groß. Wegen der konstanten großen Entfernung der Zellen in den Kolonien gebe ich nicht *C. confertum* an. — Sa 1, sa 1—2.

19. *Merismopedia elegans* A. Br. — Zellen 4—6 μ breit, tief blaugrün, in großen Kolonien. Bevorzugt verschmutzte Stellen. — pH (5,4—)7—9. Zw 2 bis 3, hier neben Kolonien mit typischer Lagerung der Zellen häufiger solche, bei denen die Zellen in der Tafelebene mehr oder weniger unregelmäßig angeordnet waren. Pa 1.

20. *M. glauca* (Ehrenb.) Näg. — Zellen meist 3,5—5 μ breit, blaß blaugrün, in kleinen Kolonien. — pH 4—6,8. sa 1—2, Pa 2, Wo 3—4, Si 1—2, Bu 4, bu 2.

21. *M. punctata* Meyen. — Zw 1, Pa 1—2, Wo +, Bu 1.

22. *Synechococcus major* Schröter. — 18—26×24—40 μ. Die Größe der Zellen entspricht an den meisten Standorten mehr den Maßen, die Geitler in der Kryptogamenflora angibt, als den Mittelwerten, die Jaag (1945, S. 152 ff.) bei seinen statistischen Untersuchungen erhielt. — pH 4,5—6,7. Pa: vor dem Kriege 2, Wo: vor dem Kriege 3, nachher 1—2, Si 1.

23. *Dactylococcopsis raphidioides* Hansg. — Zellen 1—2 μ breit, 14—25 μ lang. — sa: ziemlich häufig in der Gallerte von *Mesotaenium chlamydosporum* auf einem Baumstumpf dicht über dem Wasserspiegel.

24. *Paulinella chromatophora.* — Für die Bestimmung dieser Thecamoebe mit einzelligen Blaualgen als obligatorischen Symbionten bin ich Herrn Professor Geitler zu Dank verpflichtet. — Sa 1, sa 1, Ev +.

Scopulonema (= Pleurocapsa) sp? — Auf Baumstümpfen, an Pfählen und an Schilfstengeln in Krusten. — pH 5,4—7,3. Sa 2—3, Ev 2, Pa 2—3.

25. *Chamaesiphon incrustans* Grunow var. *angustus n. v.* Tafel 1, Abb. 1a—b. A typo differt sporangiis angustioribus. — Sporangien gesellig, keulenförmig, gerade oder meist leicht gekrümmt, an der Basis 1—1,5, am Scheitel 2,5—3,5 μ breit, 10—29(—40) μ lang, blaugrün. Exosporen meist einzeln. Pseudovagina dünn, fest, farblos, eng oder weit. — Auf Holz, Schilffasern, *Fontinalis* und gelegentlich auf *Cladophora.* — Da die Maße aus etwa einem Dutzend Proben, die aus vier Seen stammten, sehr konstant waren, stelle ich die neue Varietät auf. Sie vermittelt zwischen *Ch. incrustans* und *Ch. Rostafinskii,* ist aber plumper als letzterer und nicht rosa gefärbt, obwohl auch sie meist an schattigen Stellen vorkommt. — pH 5,4—9. Zw 1—2, Sa: vor dem Kriege 3—4, sa: vor dem Kriege 1—2, Pa: nach dem Kriege 3.

26. *Ch. minutus* (Rostaf.) Lemm. — Sporangien 2,7 μ breit, 4—5 μ lang. — pH 4,2—6,9. Sa 1, Wo 1, Si 1.

27. *Hapalosiphon fontinalis* (Ag.) Born. — Hauptfäden 9—16 μ breit. — pH 5,5—7,3. Sa 2—3, sa 1.

28. *H. hibernicus* W. u. W. — Hauptfäden 6,5—8(—10) μ breit, Seitenfäden 5—7 μ. Die Art ist durch die Wuchsform vor der vorigen meist deutlich geschieden. — pH (5,4—)6,3—7,3. Sa 3, sa 1, Ev 2, Pa 1—2.

29. *H. intricatus* W. u. W. — Hauptfäden 5,5—6,5 μ breit, Zellen meist kürzer als breit. Nicht immer von der vorigen Art zu unterscheiden. — pH 5,4—6,7. Pa 1—2.

Homoeothrix sp? Zellen an der Basis 2,5—3,2 μ breit und etwa halb so lang, an der Spitze bis auf 1,3 μ abnehmend und quadratisch, an den Querwänden nicht eingeschnürt. — Fäden gerade oder leicht gekrümmt, ohne Haar, in dichten Lagern auf Steinen und auf Pflanzen, senkrecht vom Substrat abstehend. — pH 5,0—5,6. Wo: August 1950 massenweise.

30. *Calothrix Braunii* Born. et Flah. — pH 5,4—7,3. Sa 1—2, Ev 1, Pa: nach dem Kriege 2.

31. *C. Castellii* (Massal) Born. et Flah. — Fäden dicht gedrängt, an der Basis zwiebelartig angeschwollen und meist geknickt, dann senkrecht vom Substrat abstehend, mit langen Haaren, 13—15 μ breit, Trichome am Grunde 10 μ breit, Zellen hier halbmal so lang wie breit. Scheiden farblos oder an der Basis schwach gelblich. Lager polsterförmig weit ausgebreitet — pH 6—6,9. Sa: auf Baumstümpfen unter Wasser ziemlich häufig.

32. *C. epiphytica* W. u. W. — Fäden an der Basis 7—8 μ dick, Zellen um 5 μ dick, kürzer als breit, nach der Spitze zu gleichmäßig schmäler und länger werdend. Heterocysten kugelig, um 3 μ dick. — pH 6,5—7,3. sa: auf Torffasern zwischen anderen Algen auf dem Boden des Sees einmal nicht selten.

33. *C. Ramenskii* Elenk. — Fäden einzeln zwischen anderen *Calothrix*-Arten, 24—27 μ breit, die halbkugeligen Heterocysten 25 μ, die Basalzellen der zwiebelförmigen Verdickungen 24 μ breit, 4 μ lang, die mittleren Zellen um 13 μ breit, 3—4 μ lang. — pH 6—6,9. Sa: zusammen mit *C. Castellii,* vereinzelt.

34. *Frémyella catenata* (Lemm.) De Toni? — Fäden 9—13 μ, Zellen 8—10 μ breit, 4—9 μ lang, an den Querwänden schwach eingeschnürt. Scheiden farblos, nicht geschichtet, basale Heterocysten gedrückt-kugelig, 9,5 μ breit, interkalare zylindrisch, 5,3 μ breit, 11—26 μ lang, Dauerzellen nicht gesehen. Sa 1, sa 1.

35. *Fr. tenera* (Thuret) De Toni. — Fäden 5,5—6 μ breit, Trichome überall gleich breit, basale Heterocysten mehr kugelig, interkalare zylindrisch. — pH 4,0—5,0. Torfmoosbewohner. sa 1, Pa 1, hier eine fragliche Form, Si 2, hier auch auf Drepanocladus, bu 2—3.

36. *Aulosira laxa* Kirchn. — Fäden 5,3 μ dick, Zellen 4,5 μ dick, 4 μ lang, tonnenförmig. — pH 6—7. Sa 1.

37. *Plectonema nostocorum* Born. — Zellen 1—1,5 μ breit, 2—3 μ lang, Scheiden dünn und eng, Verzweigung spärlich. — pH 6—9. In der Gallerte von Grünalgen. Zw 1, Sa 1—2, sa 1—2.

38. *Pl. notatum* Schmidle. — Zellen 1,5—2 μ breit, 2—4 μ lang. Scheiden dünn und eng, Verzweigung oft reichlich, vereinzelt auch paarige Abzweigungen. — pH 5,4—9. Zw 2—3, sa 1, Ev 2, Pa 2.

39. *Tolypothrix distorta* Kütz. — Neben typischen Formen häufig Übergänge zur folgenden Art. — pH 5,4—7,5. Sa 2—3, sa 2, Pa: nach dem Kriege 2.

40. *T. lanata* Wartm. — Neben typischen Formen häufig Übergänge zur vorigen Art. — pH 5,5—7,5. Sa 2—3, sa 1.

41. *T. tenuis* Kütz. — Von den beiden vorhergehenden Arten durch die verschiedene Zellgröße stets sicher zu unterscheiden. Außerdem zeigen die Zellen oft ein mehr granuliertes Plasma als die von *T. lanata*. Dieser Unterschied besteht auch dann, wenn beide Arten in der gleichen Probe vorkommen. — pH 6,3—7,5. Sa und sa 3—4, in beiden Seen nach dem Kriege fast verschwunden. Ev 1—2, bu 1.

42. *Scytonema coactile* Mont. var. *minor* Wille. Tafel 1, Abb. 4a—b. — Lager büschelig, auf Baumstümpfen im Wasser oder auf *Fontinalis*, auch einzelne Fäden zwischen anderen Algen. Hauptfäden 13—14 μ breit, Äste aufrecht abstehend, meist beide Äste austreibend. Scheiden fest, zunächst farblos, im Alter oft gelblich, Zellen der Hauptfäden um 11 μ breit, kürzer oder länger, Zellen der Äste nach der Spitze zu meist allmählich auf 8—10 μ schmäler werdend. Zellinhalt lebhaft blaugrün. — pH 5,5—7,5. Sa 2—3, sa 1.

43. *Cylindrospermum majus* Kütz. — Zellen 3,5 μ breit, 8 μ lang. Dauerzellen 13,5—18 μ breit, 25—32 μ lang, Heterocysten 5,3 μ breit, 8 μ lang. — Ev: schwach saurer Zuflußgraben. Trotz des ungewöhnlichen Standortes ist die Art gesichert.

44. *Cyl. stagnale* (Kütz.) Born et Flah. — pH 5,4—7,3. Sa 2—3, sa 2, Ev 2, Pa 2, Si 1.

45. *Aphanizomenon flos-aquae* (L) Ralfs. — Zellbreite 3—7 μ, in den Fäden des gleichen Flöckchens oft um 2 μ schwankend. — pH 7—9. Zw 3—4, oft an ruhigeren Stellen Wasserblüte bildend.

46. *Anabaena aequalis* Borge. — Zellen 4,5—5,3 μ breit, 3—7(—9) μ lang, Heterocysten 5—6 μ breit, 7—13 μ lang, Dauerzellen 4,4—6,5 μ breit, 14—50 μ lang. — pH 5—7,3. Sa 1—2, Si: einmal in einer Pfütze am See wattenbildend.

47. *A. flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. — Zellen 7 μ breit, 8 μ lang, Heterocysten 8 μ breit, 9,5 μ lang, Dauerzellen 8 μ breit, 15 μ lang, meist in Reihen (= A. Lemmermanni). — pH 6,5—7,5. Sa und sa: vor dem Kriege 4.

— var. *gracilis* Klebahn. — Zw +.

48. *A. lapponica* Skuja. — Zellen 6,5—8,5 μ breit, kugelig oder etwas kürzer als breit, Heterocysten 8—8,5 μ breit, wie die vegetativen Zellen, Dauerzellen elliptisch, 8,5—10 μ breit, 30—40 μ lang. Die Maße sind reichlich klein für die Art und nähern sich denen von *A. catenula*, doch sind die Zellen niemals tonnenförmig, und die Dauerzellen liegen stets neben den Heterocysten. — pH 5,4—6,7. Ev 1—2, Pa 1—2.

49. *A. macrospora* Klebahn? — Ohne Dauerzellen einmal häufig in einem Kolk am Zwischenahner Meer.

var. *robusta* Lemm. — Zellen kugelig oder zusammengedrückt kugelig, 13—17,5 μ breit, 10—16 μ lang, Heterocysten kugelig, 12—16 μ dick, Dauerzellen abgerundet und sechseckig, 17 μ breit, 35 μ lang. Die vegetativen Zellen sind also etwas breiter als lang. — Das entspricht den Maßen Lemmermanns, dessen Originalmaterial vom gleichen Standort stammte (Lemmermann 1898, S. 6). Damit überein stimmen auch Geitlers Zahlen in der Süßwasserflora, während Geitler in der Rabenhorstschen Kryptogamenflora diese Zahlen irrtümlicherweise widerruft und in den neuen Maßangaben Länge und Breite vertauscht. Auch Huber-Pestalozzi übernimmt (1938, S. 209) den Widerruf und die falschen Zahlen. — pH 7,0—9,0. Zw 2—3.

50. *A. oscillarioides* Bory. — Zellen tonnenförmig, 5,3 μ lang und 5,3 μ breit, Heterocysten kugelig, 6 μ dick, Dauerzellen zylindrisch, 8 μ breit, 18—19 μ lang. — sa +.

51. *A. repens* n. sp. Tafel 1, Abb. 3a—b. — Filamentis plusminusve rectis, vagina mucosa substrato (filamentis Microsporae, Oedogonii, Tribonematis) affixis. — Cellulae vegetativae globosae vel brevidoliiformes, tam longae quam latae vel saepissime breviores, 3—4 μ latae, 1,8—3 μ longae, pseudovacuolibus nullis. Cellula terminalis conice rotundata. Protoplasto aeruginеo, homogeneo. — Vagina achroa, plusminusve crassa, initio firma, dein diffluente in mucum homogeneum. — Heterocystae cylindraceae, tegumento gelatinoso separatim circumdatae, 3,5—4,5 μ latae, 4—4,5 μ longae (sine tegumento gelatinoso). — Cellulae perdurantes rotundato-cylindraceae, plerumque singulae, sed etiam complures in seriem, a heterocystis remotae, 4,5—7 μ latae, 15—20 μ longae, membrana leavi, achroa. — Die Alge fand sich in größeren Mengen zusammen mit *Aphanochaete repens* in einer Watte, die aus *Microspora Loefgreni* und *Oedogonium sp.* gebildet wurde. Die Scheiden können fest sein oder ganz unsichtbar, meist sind sie sichtbar, aber unscharf und zerfließend. Sie kleben die Alge auf ihrer Unterlage fest. Durch Druck auf das Deckglas kann man die Fäden der Alge aber meist wieder ablösen. Dauerzellen fanden sich recht häufig, aber meist unreif. Die nächstverwandte Art ist *A. inaequalis*. Von dieser unterscheidet sich unsere Form außer durch die epiphytische Lebensweise durch die dünneren und stets auffallend kurzen Zellen. — pH (5,4—)6,1—7,5. Sa 2, sa 2, Pa +, hier eine etwas dickere Form ohne Dauerzellen, Zellbreite 5, Länge 2,7—4,5 μ. Heterocysten 5,4 μ breit, 7 μ lang.

52. *A. Scheremetievi* Elenkin. Zellen 6,5—10 μ breit, 6—9 μ lang, Heterocysten kugelig, 6—9 μ dick, Dauerzellen kugelig oder schwach ellipsoidisch, 13,5—15 μ breit, 13,5—19 μ lang. Kreisförmig gebogene und gerade Formen kommen nebeneinander vor. Im Auftreten sehr schwankend (siehe S. 239). — pH 6,0—7,5. Sa 1, sa 3—4, Ev +.

53. *A. spiroides* Klebahn. — Zellen 6—8 μ breit, 4—6 μ lang. Heterocysten kugelig, 7,5 μ dick. Dauerzellen schwach gekrümmt, 11 μ breit, 15 μ lang, Windungen 35 μ breit, 45 μ hoch. — Zw 1.

— var. *crassa* Lemm. — Zellen 8—15 μ breit, 6—14 μ lang, Heterocysten kugelig, 12—13,5 μ dick, Dauerzellen 16—18 μ breit, 20—34 μ lang. Die Varietät ist vom Arttypus stets sicher zu unterscheiden. Es ergab sich aber eine größere Variationsbreite in den Maßzahlen, als Lemmermann in seiner Diagnose angibt, die auf Material vom gleichen Fundort beruht. Wir erkennen hier, daß die Zellbreite auch bei den Blaualgen erheblichen Schwankungen unterworfen sein kann, ohne daß es möglich ist, die Formen auf verschiedene systematische Einheiten zu verteilen. — pH 7,0—9,0. Zw 3—4.

54. *Spirulina Jenneri* (Stitz) Geitler. — Zellen 5,5—6 μ breit, 3—5 μ lang, Windungen 13—14 μ breit, um 27 μ hoch. — pH 4,7—9,0. Zw 2, vor allem an verschmutzten Stellen, Ev +, Wo 1, Si +.

55. *Sp. laxissima* G. S. West? — Fäden lang, sehr regelmäßig gewunden, Trichome um 1,7 μ breit, Umgänge 5 μ breit, 17 μ hoch. Nicht in Bewegung gesehen. Pa +.

56. *Oscillatoria amphibia* Ag. — pH 4,5—9. Zw 2, sa +, Wo +.

57. *Osc. anguina* (Bory) Gomont? — Zellen 10 μ breit, also reichlich dick. — pH 5,5—6,9. Sa 1, sa 1.

58. *Osc. Borneti* Zukal. — Die Art ist auch bei undeutlicher Keritomie stets zu erkennen an der grauen Farbe des Plasmas und an der verdickten Zellmembran der Endzelle. Sie kommt seltener in geschlossenen Lagern, sondern meist in einzelnen Fäden vor, die in großer Zahl alle Pflanzen und den Boden des Litorals überziehen wie auch in den Watten anderer Algen sich finden. Dem Arttypus entsprach eine Form von 11,5 μ Breite und 4—5 μ Länge der Zellen und nicht eingezogenen Querwänden. Sie war durch Übergänge verbunden mit der Hauptmasse, die der var. *intermedia* Woron. entsprach (Tafel 1, Abb. 5), nur 7—10 μ Zellbreite hatte und an den Querwänden eingeschnürt war. Die Art ist empfindlich gegen Verschmutzung. — pH 5,0—6,7. Pa: vor dem Kriege 3—4, nachher 1—2. Wo: nach dem Kriege 2—3.

59. *Osc. brevis* (Kütz.) Gom? — Zellen 4,5—6 μ breit und 3—5 μ lang, also reichlich lang. — pH 5,4—9. Zw +, Pa 1.

60. *Osc. chalybea* Mertens. — Zellbreite 7—10 μ, Länge 3—8 μ. Die Endzelle ist nicht immer ganz typisch. Die schmaleren Formen lassen sich dann schwer von *Osc. tenuis* trennen. — pH 6,3—9. Zw 2—3, Sa +, sa +, Ev 1.

61. *Osc. chlorina* Kütz. — Typisch. Zellen 3—3,3 μ breit, 2,5—6 μ lang. — pH 7—9. Zw 2.

62. *Osc. curviceps* Ag. — Zellen 10 μ breit und 2,5 μ lang. Enden schwach verjüngt und schwach hakig. — Pa 1.

63. *Osc. formosa* Bory. — Zellen 3—5 μ breit, 3—4(—6) μ lang. — pH 5 bis 9. Zw 2—3, Sa +, Pa 1—2, Wo +.

64. *Osc. geminata* Menegh. — Zellbreite 3,5 μ, Länge 7 μ. — pH 6,5. Ev: einmal eine größere Watte.

65. *Osc. lacustris* (Klebahn) Geitler. — Pa +.

66. *Osc. limosa* Ag. — Zellen 10—12 μ breit, 2—3 μ lang. Die Art ist außer durch die fehlenden Einschnürungen und die Endzelle auch durch die mehr graue Farbe des Plasmus von *O. sancta* zu unterscheiden. Sie liebt verschmutzte Stellen. — pH 5,5—9. Zw 1, Sa 1, sa 1.

67. *Osc. princeps* Vauch. — Zellen um 20 μ breit. — pH 6—7. sa 1, Ev 1.

68. *Osc. rosea* Utermöhl? — Zellen 3 μ breit, 4,5 μ lang. Die Form entspricht der Diagnose, aber ein rosa Schimmer ist nur angedeutet. — Pa: in einer *Drepanocladus*-Probe aus 1,80 m Tiefe nicht selten.

69. *Osc. sancta* (Kütz.) Gom. — Zellen 9—13 μ breit, 2—3 μ lang. Die Einschnürung an den Querwänden ist recht verschieden stark, aber die Art ist auch durch die Endzelle und durch die kräftig blaugrüne Farbe von *O. limosa* unterschieden. Sie ist nicht so sehr auf verschmutzte Standorte beschränkt wie diese. — pH 6,3—9. Zw 2, Sa 1, sa +, Ev 1. Pa 1.

— var. *tenuis* Woronichin. — Zellen 7—8 μ breit, um 3μ lang, kaum eingeschnürt, kräftig blaugrün. — Pa 1.

70. *Osc. splendida* Grev. — Meist nesterweise auftretend, doch auch in einzelnen Fäden. — pH 4,7—9. Zw 2, Sa 1, sa 1, Ev 2, Pa 2—3, Wo: von + auf 3 zunehmend, Si: von 0 auf 2 zunehmend.

71. *Osc. tenuis* Ag. — Zellen (3—)5—11 μ breit, meist etwas kürzer als breit. Trotz der großen Variabilität in der Zellbreite macht die Art durch die schwach blaugrüne Färbung, die Granulierung an den Querwänden, die schwache, aber deutliche Einschnürung und durch die typische Endzelle im allgemeinen einen durchaus einheitlichen Eindruck. Nur im Pastorensee wurde einmal eine Form ohne Einschnürung gefunden, die zu *O. irrigua* hinüberleitet. — pH 4,7—9. Bevorzugt verschmutzte Stellen. Die häufigste Art der Gattung. Zw 3, Sa +, sa 1, Ev 1, Pa: von + auf 3—4 zunehmend, Wo: von 0 auf 3 zunehmend, Si +.

72. *Phormidium mucicola* Huber-Pest. u. Naumann. — Zellen um 1,4 μ breit, 1—2mal so lang. pH 7—9. Zw: Auf *Microcystis flos-aquae* nicht selten.

73. *Ph. papyraceum* Gom. — Wo: eine größere Watte an einer Kuhtränke.

74. *Ph. uncinatum* Gom. — Zellen um 5,2 μ breit, 2—4 μ lang, Scheiden fest oder verschleimend. — pH 7—9. Zw 2.

75. *Ph. valderianum* (Delp.) Gom? — Zellen 2 μ breit, 3 μ lang, Scheiden fest oder verschleimend. Die Körnchen an den Querwänden nicht vorhanden. — Si: 2, auf zergehendem Torfmoos.

76. *Lyngbya aerugineo-coerulea* (Kütz.) Gom. — Meist in sehr typischer Ausbildung. — pH 5,4—9. Zw 2—3, Sa 2, sa 2, Pa 1—2.

77 *L. Allorgei* Frémy fa. *crassior n. fa.* Tafel 1, Abb. 2. — A typo differt cellulis crassioribus. — Zellen blaugrün, 5—6 μ breit, (3—)5—10 μ lang, an den Querwänden nicht oder selten ganz schwach eingeschnürt. Querwände deutlich. Endzelle gleichmäßig abgerundet, nicht verjüngt, nicht abgebogen. Scheide sehr eng. Fäden miteinander verschlungen. Während die Fäden in den Lagern an den Querwänden nicht granuliert waren, zeigten in einigen Fällen Hormogonien, deren Zugehörigkeit zu unserer Form nicht ganz gesichert ist, dort Granulierung. Unter diesen waren neben den für die Forma typischen Maßen auch Zellbreiten von 4 μ, die also dem Arttypus entsprachen. — pH 6,3—9. Zw 2—3. Sa 1, sa +, Ev 1.

78. *L. amplivaginata* van Goor. — Fäden 3 μ dick, gekrümmt und untereinander verflochten, Zellen 1,8 μ breit, 3—4 μ lang, nicht eingeschnürt. Scheiden anfangs farblos, später goldbraun. — pH 6,3—9. Zw 1—2, Ev +.

79. *L. brevissima* (Kütz.) Hansg. var. *caespitosa* (Kütz.) Hansg. — Zellen 2,5 μ breit, 3—3,5 μ lang, Scheiden eng, Fäden in dichten Rasen auf Birkenrinde im Wasser, im Everser See.

80. *L. Digueti?* — Zellen und Fäden entsprechen der Diagnose, aber die Fäden kommen einzeln in Watten anderer Algen vor. — pH 5,5—9. Zw 2, Sa 1.

81. *L. Kützingii* Schmidle. — Zellen 1,6—2 μ breit, meist kürzer als breit, doch auch quadratisch und selbst etwas länger. Scheiden dünn. Fäden kurz, in Gruppen, bei denen die einzelnen Fäden oft parallel zueinander in bestimmter, nicht immer senkrechter Richtung vom Substrat abstehen (Phototropismus?). — pH (4—)5—9. Zw 1—2, Sa 2—3, sa 1—2, Pa 3, Wo 2—3, Bu +.

82. *L. Martensiana* Menegh? — Fäden 9 μ, Zellen 7 μ breit, 3 μ lang, an den Querwänden nicht eingeschnürt, Endzelle abgerundet, ohne Kalyptra. Scheide farblos, außen glatt, Zellinhalt auffällig hellblau, mit schwarzen Körnchen. Die beiden letzten Merkmale unterscheiden die Form von *L. Martensiana.* Zw 1—2.

83. *L. perelegans* Lemm. — Fäden 2 μ dick, Zellen 1,8 μ breit, 5—8 μ lang, nicht eingeschnürt, blaß blaugrün. Ohne Körnchen in der Zelle. Einige Male Scheinverzweigung gesehen. — Zw: in einer Probe häufig.

84. *L. rigidula* (Kütz.) Hansg. — Zellen 1,5—2 μ breit, 1,8—2,5 μ lang. Scheiden eng, dünn. Fäden in dichten Gruppen zusammen, länger als bei *L. Kützingii* und nicht parallel zueinander vom Substrat abstehend, sondern in unregelmäßiger Anordnung. Dadurch ist die Art meist gut von *L. Kützingii* zu unterscheiden. Doch fanden sich auch zweifelhafte Formen. — pH 5,4—9. Zw 3, Ev +, Pa 2.

85. *Microcoleus lacustris* (Rabenh.) Farlow. — Zellen 3,5—5,5 μ breit, 5—10 μ lang, Endzellen bis 14 μ lang. Querwände eingezogen. Um 10—12 Trichome in gemeinsamer, verschleimender Scheide. — Im Material, das März 1950 gesammelt wurde, maßen die Zellen 3,5—4×5—7 μ, entsprachen also *M. lacustris,* und die Trichome hatten auch deren stumpf-kegelige Endzellen. Proben vom Juli des gleichen Jahres maßen 5—5,5×5—10 μ, Endzelle bis 14 μ. Sie entsprachen also *M. brasiliensis.* Die Endzellen, auch aus gleichen Bündeln, waren zum Teil mehr spitz wie bei *M. brasiliensis,* zum Teil mehr stumpf wie bei *M. lacustris.* Ich glaube daher, daß man *M. brasiliensis* nicht von *M. lacustris* abtrennen kann. — pH 6—9. — Zw 2—3, Ev 1, hier eine Form mit etwas dünneren Zellen und noch stumpferer Endzelle, mit etwa 20 Trichomen in der Scheide.

Hormogonale Blaualge. Tafel 1, Abb. 6. — Auf Schilfhalmen im Kleinen Sager Meer fand ich einige Male eine unbestimmbare Blaualge. Sie besteht aus echt verzweigten Fäden, die auf der Unterlage kriechen und sich im Alter zu einer ein- bis zweischichtigen Kruste vereinigen können (in der Abbildung bei 6). Wasserstämme sah ich nicht. Die Zellen maßen 5—8×5—12 μ, die anscheinend stets lateralen Heterocysten um 8×5 μ.

Zooflagellata

1. *Cercobodo Alexejeffii* Lemm. Sa: in einer Torfmoosprobe ziemlich häufig.

2. *C. simplex* (Moroff) Lemm. — Pa: neben *Polytoma uvella* in einer Viehtränke ziemlich häufig.

3. *Bicoeca lacustris* Clark. — Sa 1—2, bu 2.

4. *Monosiga ovata* S. Kent. — In allen untersuchten Seen in Häufigkeiten von + bis 1—2 auftretend.

5. *Codonosiga Botrytis* (Ehrenb.) S. Kent. — Zw +, Sa 1, Pa 1.

6. *Codonocladium umbellatum* (Tatem) Stein? — Zw +.

7. *Sphaeroeca volvox* Lauterb. — sa 1—2.

8. *Salpingoeca lagenella* Stokes. — bu +.

9. *Dendromonas virgaria* (Weisse) Stein. — Sa +, Ev +. Pa: eine Kolonie.

10. *Anthophysa vegetans* (O. F. M.) Stein. — pH 6,3—9. — Zw 2, Sa 1—2, Ev 2—3.

11. *Spongomonas intestinum* (Cienk.) S. Kent. — Ev +, Pa: eine Kolonie.

12. *Sp. uvella* Stein. — pH 4,0—6,9. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1, Pa 2, Wo +, Si 1—2, bu 1.

13. *Rhipidodendron Huxleyi* S. Kent. — pH 4,2—7,5. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1—2, Pa 2, Wo 2—3, Si 2—3.

14. *Rh. splendidum* Stein. — Seltener als vorige Art und nicht immer mit Sicherheit von ihr zu unterscheiden. — pH 5—7,5. Sa 1—2, sa +, Pa 1, Wo +, Si +.

Chrysophyceae

1. *Chromulina Rosanoffii* (Woron.) Bütschli. — Bildet in einer Bucht des Kleinen Sager Meeres bei zwei Besuchen das bekannte, goldbraun glänzende Neuston.

2. *Chr. zartensis* Dofl. — 10 μ lang, 6 μ breit, vorn deutlich ausgerandet. Der Chromatophor ist ein gewundenes Plättchen. — Ev: in einer Pfütze unmittelbar am See häufig.

3. *Mallomonas acaroides* Perty. — Sa 1, sa 2.

4. *M. caudata* Iwanoff. — pH 6,3—7,3. Sa 3, sa von 3 auf 1—2 abnehmend, Ev +. — Es ist auffällig, daß die beiden letzten Arten, von denen *M. caudata* für dystrophe und nährstoffarme Gewässer kennzeichnend ist, während *M. acaroides* mehr oder weniger eutrophe Gewässer bewohnt, hier in den gleichen Seen vorkommen. Ich halte die Bestimmung aber für gesichert, da ich die Nadeln und die Schuppen untersucht und in beiden Fällen auch die Cysten gesehen habe.

M. sp. Unbestimmbare Formen fanden sich in geringerer Häufigkeit im Plankton des Everser und des Silbersees.

5. *Synura uvella* sensu Ehrenb. — Eine Untersuchung zur Aufteilung der Gattung auf die Korschikoffschen Arten wurde nicht unternohmmen, da sich die Alge in den einzelnen Proben nie in größerer Menge vorfand. — pH 4—9. Zw 1, Sa 2, sa 2, Ev 2—3, Pa: von 2—3 auf 0 abnehmend, Wo: von 2 auf 0 abnehmend, Si 1, Bu 2, bu 1—2.

6. *Uroglena americana* Calkins (= *Uroglenopsis americana* Lemm). — Auch durch Färbung mit Methylenblau keine Gallertstränge in den Kolonien nachzuweisen. Pa: in einer Planktonprobe nicht selten.

7. *U. volvox* Ehrenb. — Gallertstränge ohne Färbung oder nach Färbung mit Methylenblau zu erkennen. — pH 5,4—7,5. Sa 1—2, sa 1, Pa +.

8. *Stylopyxis mucicola* Bolochonzew. — Gefunden zwei leere Gehäuse, die den Figuren Bolochonzews entsprechen, auf der Gallerte von *Dictyosphaerium pulchellum* im Plankton des Kleinen Sager Meeres.

9. *Dinobryon bavaricum* Imhof. — Übergang zu var. *medium* (Lemm) Krieger. — pH 5,4—6,5. Ev 1, Pa 1—2.

10. *D. divergens* Imhof. — Kolonien meist typisch, in der Form der Gehäuse häufiger Übergänge zu *D. cylindricum*, doch wurden die hakenförmig gebogenen Halsfortsätze der Cysten dieser Art niemals gesehen, die Halsfortsätze sind sehr kurz, meist nur angedeutet. — pH 4—7,5. Sa 2—3, sa 2, Ev 1—2, Pa 2, Bu 4, bu 3.

11. *D. pediforme* (Lemm.) Steinecke. — In typischer Ausbildung. — pH 4,0—5,0. Bu 2—3, bu 2—3.

12. *D. sertularia* Ehrenb. — In Gräben neben dem Großen Sager Meer vereinzelt typische Kolonien.

13. *D. sociale* Ehrenb. — Pa 1.

14. *D. spirale* Iwanoff. — sa: eine Zelle.

15. *D. utriculus* Stein. — Übergang zu var. *pusillum* (Awerinzew) Lemm. Gehäuse 17—25 μ lang, 7—8 μ breit. Cysten kugelig. Die Maße sehr einheitlich zwischen dem Arttypus und der Varietät, die Mündung des Gehäuses vorn deutlich verengt. pH 5,4—7,5. Sa 2, sa 1, Pa 2.

Heterocontae

1. *Myxochloris sphagnicola* Pascher. — Meist in Cystenform gefunden, doch mehrfach auch die intrazellulären Plasmodien gesehen. — In Wasserzellen von Torfmoos, Sa 1, Wo 1, bu +.

Pleurogaster sp. Tafel 1, Abb. 10. — Zwischen Moos über dem Wasserspiegel eines kleinen Grabens am Kleinen Bullensee wurde eine Reihe von Zellen gefunden, die eine neue *Pleurogaster darstellen.* Die Gattung ist gesichert wegen der verdickten, manchmal vorgezogenen Enden. Die Art ähnelt in der Form *Pl. lunaris,* unterscheidet sich aber von ihr durch eine größere Zahl von Chromatophoren.

2. *Chlorobothrys polychloris* Pascher. — Sa: saure Zuflüsse 1, Si +.

3. *Chl. regularis* Bohlin. — Sa: zwischen Torfmoos und in sauren Zuflußgräben nicht selten, Si 1, Bu 1, bu 1—2.

4. *Botryochloris minima* Pascher. — Sa: in einer Torfmoosprobe nicht selten.

Unbestimmbare Heterococcale fanden sich ziemlich häufig im Torfmoos mehrerer Seen und in Zygnemalenwatten des Sager Meeres. Besonders interessant war eine im Everser See regelmäßig, zeitweise häufig vorkommende Kugel von 32 μ mit seitlicher Anschwellung, die wohl als Vertreter einer neuen Gattung angesehen werden muß. Da ich aber die Fortpflanzung nicht gesehen habe, unterlasse ich die Beschreibung.

5. *Characiopsis anabaenae* Pascher. — Zellen 16—19 μ lang, 3—3,5 μ breit, also etwas schlanker als bei Pascher (Kryptogamenflora Bd. 11, Fig. 583), 1—2 Chloroplasten, mit brauner Haftscheibe auf Fäden von *Tolypothrix distora* sitzend. — Pa: in einer Probe nicht selten.

6. *Ch. curvata* (G. M. Smith) Skuja. Skuja 1948, S. 337 und Tafel 36, Fig. 14—18. — Zellen 9—10 μ lang, 2,7—3 μ breit. Da die Alge nur in Formalinmaterial gesehen wurde, kann ich über die Chloroplasten nichts aussagen, aber die Form der Zelle und die Anheftung an die Unterlage ist so typisch, daß die Identität der Formen gesichert ist. — pH 7—9. Zw 2, auf *Coelosphaerium Kützingianum, Gomphosphaeria lacustris* und *Microcystis flos-aquae.*

7. *Ch. longipes* Borzi. Tafel 1, Abb. 8a—b. — 36—54 μ lang, 5—6 μ breit. Pa: einmal auf *Fontinalis* vereinzelt, Ev: einmal um 20 Zellen auf *Fragilaria.*

8. *Ch. polychloris* Pascher. — Zellen mit Stiel 34—36 μ, ohne Stiel 29—32 μ lang, 9—10 μ breit. — Ev: in einer Probe aus einem Zuflußgraben nicht selten.

9. *Ch. saccata* N. Carter. Tafel 1, Abb. 9. — Zellen 58—80 μ lang, 10—14 μ breit, also größer als der Typus. — In je einer Probe des Wollingster und des Silbersees vom gleichen Tage häufig bzw. vereinzelt.

10. *Ch. turgida* W. u. W. Tafel 1, Abb. 7a—b. — Zellen 19—34 μ lang, 6,5—11 μ breit. Pa 1, Wo 1, Si 1—2.

11. *Ophiocytium bicuspidatum* Lemm. — sa 1.

12. *O. capitatum* Wolle. — Sa 1, sa 1.

13. *O. cochleare* A. Br. — Sa 1, vereinzelt auch in den sauren Zuflüssen und zwischen Torfmoos. Ev 1—2.

14. *O. majus* Näg. — Ev +.

15. *O. parvulum* A. Br. — Sa: in Torfmoos und in sauren Zuflüssen vereinzelt.

16. *Tribonema aequale* Pascher. — Zellen 5,3 μ breit, 14—16 μ lang, mit zwei Chloroplasten. — pH 5,7—8. Zw: einmal ziemlich häufig im Frühlingsüberschwemmungsgebiet, Sa 1, Si: einmal in einer gemischten Watte eines Grabens am See.

17. *Tr. affine* G. S. West. — Zellen 4,5—5,3 μ breit, 32—44 μ lang. 1—4 verschieden gestaltete Chloroplasten in der Zelle. — pH 5—6,5. Pa 2, Si: einmal an verschmutzter Stelle häufig.

18. *Tr. ambiguum*. Skuja. — Skuja 1948, S. 342 u. Tafel 36, Fig. 28. — Stimmt gut mit der Beschreibung Skujas überein. — pH 7—9. Zw: einmal nicht selten im Plankton, vereinzelt auch in Litoralproben.

19. *Tr. elegans* Pascher? — Zellen 4,5—5,3 μ breit, 8—26 μ lang, also reichlich groß für die Art, mit 2—3 Chloroplasten, die nur einen geringen Teil der Zellwand bedecken. Querwände schwach, aber deutlich eingezogen. — Ev 1—2.

20. *Tr. intermixtum* Pascher. Zellen 9—10 μ breit, 15—21 μ lang, um 3—4 große Chloroplasten. — Zw: in einer Watte des Frühjahrsüberschwemmungsgebietes nicht selten.

21. *Tr. minus* Hazen. — Zellen 5—7 μ breit, 8—18 μ lang, in einer Probe mit 2, in einer anderen mit 3—4 Chloroplasten je Zelle. — pH 5,4—6,5. Ev 1, Pa 2.

22. *Tr. regulare* Pascher. — Kryptogamenflora Bd. 11, Fig. 820. Zellen 4,5—6,0 μ breit, 13—25 μ lang (die Zellänge entspricht mehr der Figur Paschers als seinen Maßangaben), schwach tonnenförmig, mit 4 Chloroplasten in Form gekrümmter Platten. — Zw +.

23. *Tr. subtilissimum* Pascher. Kryptogamenflora Bd. 11, Fig. 825 c. — Zellen 3—3,5 μ breit, 14—24 μ lang. — pH 5,4—6,5, Pa 2.

24. *Tr. utriculosum* Hazen. — Zellen 13—16 μ breit, 30—38 μ lang. — Wo: einmal ein Faden. Trotz des untypischen Standortes und des einmaligen Vorkommens gebe ich die Art an, da der Faden sehr typisch die Merkmale dieser innerhalb der Gattung etwas isoliert stehenden Art zeigt.

25. *Tr. viride* Pascher. — Zellen 10—13(—16) μ breit, (13—)20—54 μ lang, an den Querwänden manchmal schwach eingeschnürt. Zahlreiche Chloroplasten. (Wegen der großen Zahl von Chloroplasten habe ich auch die dickfädigen Formen mit zur Art gerechnet.) — pH 5,4—9. Zw 2, Sa 2—3, sa +, Ev 1, Pa 2—3.

26. *Tr. vulgare* Pascher. — Zellen 5—9 μ breit, 13—52 μ lang, 5—6—zahlreiche Chloroplasten. — pH 5,4—9. Zw 2—3, Sa 1, Ev 1, Pa 2—3, Wo 1.

27. *Vaucheria aversa* Hassall. — Typisch. Zw: zusammen mit der folgenden Art auf dem feuchten Bodenschlamm eines Grabens am See in großen Watten.

28. *V. geminata Decandolle.* — Typisch. Zusammen mit der vorigen Art in großen Watten.

29. *V. hamata* Walz. — Pa: auf zeitweise überschwemmtem Uferschlamm eine größere Watte.

30. *V. sessilis* Decandolle fa. *genuina* Hansg. — Zw: in der Mündung eines künstlichen Grabens eine größere Watte.

31. *V. terrestris* Lyngbye. — Zw: ein feuchter Graben am Meer einmal weithin mit Watten dieser Art bewachsen.

Cryptomonadineae

1. *Cryptomonas compressa* Pascher fa? — Zellen 30—50 μ lang, 14—24 μ breit, 8—11 μ dick. — Die Maße sind größer, als Pascher angibt, aber die Verhältnisse stimmen, der Schlund reicht etwa bis zur Mitte, Pyrenoide fehlen. — pH 5,4—7,5. Sa 1, sa 2, Ev 1, Pa 1—2.

2. *Cr. erosa* Ehrenb. Die Formen sind manchmal unsicher. — pH 4—7,5. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1 —2, Pa 2, Wo 1—2, Si 1—2, Bu 1—2, bu 1—2.

3. *Cr. ovata* Ehrenb. — Im allgemeinen sicherer zu bestimmen als die vorhergehende Art. — pH 4—9. Zw 1—2, Sa 2—3, sa 2—3, Ev 1, Pa 2—3, Wo 1—2, Si 2—3, Bu 3—4, bu 3—4.

4. *Cr. Ozolini* Skuja. — Typisch. Pa 1, bu +. Beide Funde aus Torfmoosproben.

5. *Cr. tetrapyrenoidosa* Skuja. — Typisch, meist die Form mit dem tiefen Schlund. — Bu 1, bu 2.

6. *Chilomonas oblonga* Pascher. — Nicht immer sicher von der folgenden Art zu unterscheiden. — Ev 1, Pa 2, Bu 1.

7. *Ch. Paramaecium* Ehrenb. — In sämtlichen Seen, in frischem Material aber wohl fast immer nur vereinzelt.

8. *Vacuolaria virescens* Cienkowski. — Einmal eine typische Zelle im Everser See.

9. *Gonyostomum depressum* Lemm. — Zusammen mit der folgenden Art vereinzelt in Sa und seinen Zuflüssen.

10. *G. semen* Diesing. — Neben einer Hauptmenge von typischen Exemplaren wurden in jeder größeren Aufsammlung abweichende Formen gesehen, vor allem drehrunde, vereinzelt auch kugelige Flagellaten, die im übrigen aber alle typischen Merkmale der Art zeigten. Die Art ist verbreiteter, als man nach den Literaturangaben annehmen sollte. Wegen ihrer großen Empfindlichkeit ist sie aber nur in frischem Material zu finden. Die Pellicula ist so zart, daß schon ein unvorsichtiges Fallenlassen des Deckglases auf das Präparat sie zerstören kann, so daß der Zellinhalt ausläuft. Ich hatte häufiger Gelegenheit, die Vermehrung zu beobachten, die nach Huber-Pestalozzi ungenau bekannt ist (1950, S. 88). Sie erfolgt im beweglichen Zustande durch Längsteilung von vorn nach hinten. — pH 4,0—7,7 μ. Humose Gewässer werden bevorzugt. Sa 3—4, sa 3—4, Ev: von 0 auf 2—3 zunehmend, Wo +, bu 2—3.

Dinophyceae

1. *Gymnodinium aeruginosum* Stein. — pH 6,5—7,5. sa 1—2, Ev 1, Pa +.

2. *G. fuscum* (Ehrenb.) Stein. — Zellen 61—64 μ lang, 40 μ breit. — Sa 1, Pa 1.

3. *G. neglectum* (Schilling) Lindemann. Tafel 1, Abb. 12. — Zellen 30—45 μ breit, 24—38 μ lang. — pH 6,1—7,5. Sa 1, sa 1. (Das Vorkommen entspricht nicht den Angaben Hölls nach Huber-Pestalozzi 1950, S. 129.)

4. *G. paradoxum* Schilling? — Pa: einmal im Frühjahrsüberschwemmungsgebiet sehr häufig.

5. *G. uberrimum* (Allmann) Kofoid u. Zwezy. Tafel 1, Abb. 13. — Zellen 40—51 μ lang, 30—40 μ breit, um 25—30 μ dick. Der Querschnitt ist also nicht kreisförmig, sondern schwach abgeflacht. Der Kern liegt nicht, wie Huber-Pestalozzi schreibt, im antapikalen Teil, sondern, wie seine Figuren zeigen, zentral oder im apikalen Teil. Meine Abbildung zeigt eine besonders hochgewölbte Form, daneben kommen auch Zellen vor, bei denen Epi- und Hypovalva etwa gleich groß sind. — pH 6,1—7,5. Sa 2, sa 2.

6. *Glenodiniopsis uliginosum* (Schilling) Wolosz. — Ev +, Pa +.

7. *Hemidinium nasutum* Stein. — pH 4—7,5. Sa 1, sa 1, Ev +, Wo 1, bu 1.

8. *Peridinium cinctum* (Müller) Ehrenb. — Zellen 43—49 μ lang, 40—50 μ breit. — pH 6,0—7,0. Sa 1—2, sa 2, Ev +.

9. *P. inconspicuum* Lemm. tab. *conjunctum* Lef. Huber-Pestalozzi 1950, Fig. 223 u. 224 a. Zellen 17—26,5 μ lang, 15—24 μ breit. — pH 5,5—7,5. Sa 2, sa 2.

10. *P. pusillum* (Pen.) Lemm. *tab. conjunctum* Lef. Huber-Pestalozzi 1950, Fig. 234. — Pa 2.

11. *P. umbonatum* Stein *tab. conjunctum* Lef. Huber-Pestalozzi 1950, Fig. 218. — Zellen 26—33 μ lang, 24—32 μ breit. — Ev 1.

12. *P. Volzii* Lemm. Huber-Pestalozzi 1950, Fig. 177. — sa 1.

13. *P. Willei* Huitfeld-Kaas. Huber-Pestalozzi 1950, Fig. 176 u. 176B. — Zellen 45—75 μ lang, 50—72 μ breit. Die Epivalva vor allem bei den Exemplaren aus dem Pastorensee sehr stark zusammengepreßt (fa. *lineatum* Lind). — pH 5,4—7,5. sa 1, Pa 2—3.

14. *Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Schr. — pH (5,0—)5,4—6,5(—9). — Zw 1, Sa 1, sa 1, Ev 3, Pa 3—4, Wo +, Si +.

15. *Gloeodinium montanum* Klebs. — Zellen mit Gallerte 30—48×24—40 μ, ohne Gallerte 25—38×21—30 μ, einzeln oder in Gruppen von 2—4 Zellen. Stets zwischen Torfmoos — Sa 1, sa 2, Ev 1, Wo 2, Si 1—2, Bu 1, bu 2.

16. *Cystodinium cornifax* (Schilling) Klebs? — Sa 1.

17. *C. Steinii* Klebs. — Sa und sa: je eine Zelle.

Rhodophyceae

1. *Chantransia violacea* Kütz. — Zw: einmal vereinzelt an einem Pfosten.

2. *Pseudochantransia chalybea* (Fries) Brand. — Zw 2, auf Steinen und auf Holz.

3. *Ps. pygmaea* (Kütz.) Brand? — Eine etwas unsichere Form in Bu auf Holz.

4. *Batrachospermum moniliforme* Roth. — Typisch. — pH 5,5—7,5. Sa 2, sa 2.

5. *B. vagum* (Roth) Ag. — Seit 1938 beobachte ich im Wollingster See und vereinzelt auch im Silbersee und im Großen Bullensee eine Rotalge, die dort auf Steinen, Holz und auf toten Schilfblättern lebt und zeitweise ziemlich häufig ist. Nach freundlicher brieflicher Mitteilung von Herrn Professor Skuja handelt es sich um den Vorkeim von *Batrachospermum vagum*. Eigenartigerweise sah ich niemals entwickelte Batrachospermumpflänzchen.

Euglenophyta

1. *Euglena acus* Ehrenb. — 128—300 μ lang, 9—11 μ dick. — pH 4,7—9. Zw 1, Sa +, sa 1, Pa 1—2, Si 1.

— var. *hyalina* Klebs. — 80—298 μ lang, 7—10,5 μ dick, mit Augenfleck. Das Vorderende kann schräg oder gerade abgestutzt sein. Sa +, sa 1—2, Pa 1, Wo 1, Si 1—2, Bu 1—2.

2. *Eu. deses* Ehrenb. — Zellen zylindrisch, 106—145 μ lang, 10—14 μ dick. Um 20 scheibenförmige Chromatophoren der Pellicula anliegend. Pyrenoide mehr oder weniger deutlich, unbeschalt. Zahlreiche elliptische bis kurz stabförmige Paramylonkörner. — Si: in zwei Proben mit zergehendem Torfmoos ziemlich häufig.

3. *Eu. Ehrenbergii* Klebs. — 250 μ lang, 24 μ breit. — Zw +.

4. *Eu. fusca* (Klebs) Lemm — 170 μ lang, 24 μ breit, um 18 μ dick. — Sa +, Pa +.

5. *Eu. intermedia* (Klebs) Schmitz. — 115—160 μ lang, 10—14 μ breit. Zellform und Zellinhalt entsprechen der Beschreibung sehr gut. — pH 4—7,5. Pa: in einer Kuhtränke häufig in zwei deutlich verschiedenen Formen, wo die eine 115—120×11—14 μ maß und die andere 140—160×10—12 μ. Wo: einmal sehr häufig in einer Kuhtränke, Si +, Bu 1—2.

— var. *Klebsii* Lemm. — 80—100 μ lang, 8—9,5 μ breit. — Sa: in einem Graben am See einmal massenweise, Pa 2.

6. *Eu. mutabilis* Schmitz. — In den Seen die verbreitetste Art der Gattung. Bevorzugt deutlich die sauren Gewässer. — Die Pyrenoide sind oft nur schwer zu erkennen. Die Größe ist recht einheitlich, 70—90, meist um 80 μ lang, 5,5—8 μ dick. 2—6 muldenförmige bis fast hohlzylindrische Chromatophoren. Die Geißel ist schwer zu erkennen. Ich habe sie nur einmal gesehen. Sie ist sehr kurz, vielleicht fehlt sie oft. — pH 4—7,5(—9). Zw 1, Sa 1—2, sa 1—2, Ev 2, Pa 2—3, Wo 3—4, Si 3—4, Bu 3, bu 2—3.

7. *Eu. oblonga* Schmitz. — In typischer Ausbildung. Vergl. *Eu. splendens*. — sa +, Ev 1, Wo 1, Si 1.

8. *Eu oxyuris* Schmarda. — 250 μ lang, 24 μ breit, also kleiner als der Arttypus. Pa +. — Einmal in sa eine Form mit typisch bandförmigen Zellen von 400×45×um 10 μ, die sich von der Art durch stabförmige Paramylonkörper unterscheidet.

9. *Eu. pisciformis* Klebs. — Vereinzelt in Zw und sa.

10. *Eu. polymorpha* Dang. — In typischer Ausbildung. Die Alge bildet an den Torfmoosrändern der stärker sauren Seen oft große gelbgrüne Neustondecken, indem jede Monade eine Gallerthülle um sich ausscheidet, und diese Hüllen verkleben zu einer einschichtigen Kahmhaut auf der Wasseroberfläche, die sich manchmal in kleinen Stückchen abheben läßt. pH 4,0—6,5(—7,5). Zw +, Sa 1, sa 2—3 (neustonbildend). Ev 1, Pa 1, Wo 2—3 (neustonbildend), Si 3 (neustonbildend), Bu 3 (neustonbildend) bu 2 (neustonbildend).

11. *Eu. sanguinea* Ehrenb. — Im Verbindungsgraben zwischen den beiden Sager Meeren in einer Probe nicht selten.

12. *Eu. sessilis* n. sp. Tafel 1, Abb. 11a—d. — *Monada ca. 30 μ longa, 10—12 μ lata, valde metabolica, varia forma: oviformis, ellipsoidea, saccata, conica, plerumque antice stipite gelatinoso substrato (filamentis Oedogonii) affixa, sed etiam saepe libere natans. — Periplasto delicato, striis delicatis, a ceteris remotis, sinistrogyris praedito, striis 2(—3) in 10 μ. Nucleo fere centrali. Chromatophoris compluribus (4—6), discoideis vel lenticularibus, pyrenoidibus destitutis. Stigmate rubro, rotundato vel modice elongato, in parte anteriore a tertia parte cellulae sito. Granulis paramylaceis numerosis, ovalibus. — Monada in statu affixo sine flagello, natans cum uno flagello 2-plo longiore cellulae longitudine.*

Die Zelle sitzt in der Regel mit einem Gallertstiel auf der Unterlage fest. Hierbei ist sie meist eiförmig mit schwach zugespitztem Hinterende. Durch langsame metabolische Bewegungen kann die Zelle das Hinterende

abrunden und verbreitern. Andere Formen der Metabolie in diesem Zustande nicht gesehen. — Unter dem Deckglas löst sich eine Zelle nach der andern von der Unterlage los. Sie bildet in wenigen Minuten eine etwa doppelt körperlange Geißel aus, schlägt damit unter starker Bewegung der ganzen Geißel, bis die Zelle losgerissen ist, und schwimmt dann plötzlich schnell davon. Die schwimmende Monade zeigt, vor allem am Hinterende, eine starke Metabolie und kann dabei beutelförmig und selbst verkehrtkegelförmig werden.

Die Art bildet einen Übergang zu *Colacium.* Ich stelle sie noch zu *Euglena,* weil sie sich einmal schnell und häufig von der Unterlage löst, so daß das bewegliche Stadium für sie wohl nicht nur ein kurzes Übergangsstadium ist, und weil sie vor allem nicht die von den Chloroplasten losgelösten Pyrenoide hat, die für *Colacium* kennzeichnend sind. Pyrenoide habe ich an der Monade nicht gesehen. — Zw: im März 1950 häufig auf Oedogoniumfäden in einem Bombentrichter unmittelbar am See.

13. *Eu. sociabilis* Dang. — Zellen kurz spindelförmig, 80 μ lang, 27 μ dick. Geißel mehr als körperlang. Zahlreiche gelappte Chomatophoren mit sehr langen Lappen und doppelt beschalten Pyrenoiden. Paramylonkörper klein und stabförmig. Von der Zellmembran gehen, vor allem am Hinterende, zahlreiche kleine Stäbchen ins Innere (Trichocysten?). Membran sehr zart, entfernt, linksläufig gestreift, etwa 5—6 Streifen über die Zellbreite. — Zw 2.

14. *Eu. spirogyra* Ehrenb. — Zellen, die genau der Diagnose entsprechen, sind recht selten. Die Zellen sind fast immer größer und auch oft nicht zylindrisch, sondern mehr oder weniger bandförmig. Selbst kleine Formen können bandförmig sein, einmal maß ich 94×11×18 μ. Anderseits trugen auch die größten Exemplare die kennzeichnende kurze Geißel. Zellen 78—210 μ lang, 12—21 μ breit. — pH 5,4—9. Zw 1—2, Sa +, sa +, Ev +, Pa 1, Wo 1.

— var. *abrupte-acuminata* Lemm. — 140×16—23 μ. Die Höckerreihen können hier wie beim Arttypus gleichartig oder untereinander verschieden ausgebildet sein. — Pa: einmal ziemlich häufig in einer Kuhtränke zwischen *Eu. intermedia* u. a.

15. *Eu. splendens* Dang. — Zellgröße meist recht einheitlich, 70—80 μ lang, 25—27 μ breit. Wenig metabol. Die Art ist oft schwer von *Eu. oblonga* zu unterscheiden. — pH 4,6—7,3. Sa 1, sa +, Ev 1, Pa 2, Wo 1—2, Si 1, Bu 1—2.

16. *Eu. truncatula n. sp.* Tafel 2, Abb. 13. — *Monada metabolica, fusiformis, parte anteriore transverse truncata, 50—60 μ longa, 9—10 μ lata, flagello longitudini corporis aequo. Periplastus ut videtur laevis. Chromatophoris 6—9, parietalibus, lenticularibus vel disciformibus, sine pyrenoide. Nucleo in posteriore parte cellulae sito. Stigmate elongato, sat magno, rubro, in parte anteriore apud gulam sito. Granulis paramylaceis copiosis, minutis, ovalibus vel globosis.*

Die Monade schwimmt schnell und unter geringer Metabolie. Nur das Hinterende rundet sich gelegentlich ab, daß die Zelle beutelförmig wird. Die Drehrichtung beim Schwimmen ist nach beiden Seiten. Die Zelle beschreibt beim Rotieren einen Kegelmantel. Beim Verdunsten des Wassers unter dem Deckglas ersetzt die Monade das Schwimmen durch Kriechen und zeigt jetzt eine weitgehende Metabolie, bei der sie selbst Kugelgestalt annehmen kann. — pH 4,0—5,6. Wo: am 28. 12. 1949 nicht selten in einer Algenwatte aus der Lobeliawiese. Si: am gleichen Tage nicht selten in einer Torfmoosprobe.

17. *Eu. velata* Klebs. — Zellen 94—100 μ lang, 26—27 μ breit. — Wo 1.

18. *Eu. viridis* Ehrenb. — Im eigentlichen Seengebiet selten und dann meist nur an verschmutzten Stellen. — Zw 2, Pa 2, Wo +.

19. *Lepocinclis globosa* Francé var. *cylindrica* Lemm. Conrad 1934, S. 238 u. Fig. 48. — Zellen ellipsoidisch, drehrund, 25 μ lang, 16 μ breit, ohne Membranstreifen, mit Augenfleck. Geißel mehr als körperlang. Zahlreiche kurz ellipsoidische Paramylonkörner. — sa: einmal einige Zellen.

20. *L. ovum* (Ehrenb.) Lemm. — Pa: einmal eine Zelle.

21. *L. texta* (Duj.) Lemm. — sa: einmal in einer Torfmooswatte eine Zelle.

22. *Phacus acuminatus* Stokes. Tafel 2, Abb. 1a—c. — Zellen 27—30 μ lang, 22—25 μ breit. Was ich an Vertretern dieser Art sah, paßt meist nicht in die Unterarten Pochmanns (1942, S. 141) hinein. Die Variabilität der Formen scheint mir hier aber so groß zu sein, daß es aussichtslos wäre, mit den Kriterien Pochmanns immer neue Unterarten aufzustellen. Ich unterlasse das daher und bringe nur einige Abbildungen verschiedener Formen. — pH 4,6—6,5(—8). Zw +, Ev +, Pa 1—2, Wo 2.

23. *Phacus applanatus* Pochmann. Tafel 2, Abb. 7. — Zellen 33 μ lang, 18 μ breit, 5—6 μ dick. — Zw 1.

24. *Ph. brachykentron* Pochmann? — 33 μ lang, 23 μ breit. Die Art Pochmanns scheint mir recht heterogen zu sein. Ein von mir im Zwischenahner Meer gefundenes Exemplar entspricht bis auf die Lage des Paramylons aber seiner Figur 33e (1942, S. 145).

25. *Ph. caudatus* Hübner. Tafel 2, Abb. 5. — 35 μ lang, 17 μ breit. Typisch. — Pa +.

26. *Ph. circumflexus* Pochmann. Tafel 2, Abb. 4. — 86—96 (ohne Stachel 56) μ lang, 43—45 μ breit. — Zw +, Sa +.

27. *Ph. glaber* (Defl.) Pochmann. Pochmann 1942, S. 236 u. Figur 160. — 32 (ohne Stachel 24) μ lang, 19 μ breit. — Wenn man die Art Pochmanns anerkennen will, so muß man unsere Form wohl zu ihr rechnen. Sie ist glatt, der Stachel ist etwas länger als bei *Ph. suecicus*, der am gleichen Standort vorkommt. Doch sind die Unterschiede nur gering. — Sa +, Ev +.

28. *Ph. helicoides* Pochmann. Tafel 2, Abb. 2a—b. — 112—123 μ lang, 42—52 μ breit. Entspricht gut der Form Pochmanns, vor allem die beiden Kiele sehr kennzeichnend. — Sa +.

29. *Ph. inflexus* (Kisselew) Pochmann. — 27 μ lang, 8 μ breit. Unterscheidet sich von *Ph. Skujai* vor allem durch die Einbiegung des Rückens in Seitenansicht. — Zw 1.

30. *Ph. lismorensis* Playfair. Abb. Behre 1939, Tafel 1, Fig. 5a—b als *Ph. longicauda* fa. — 119—130 (ohne Stachel 75—80) μ lang, 40—45 μ breit. Geißel gegen 50 μ lang. Stachel stets nur schwach gebogen. Vor allem bei den Zellen dieser Art, aber auch bei anderen Arten fiel es auf, daß Zellen in sehr alten Rohkulturen und vor allem auch im Formalinmaterial an den Rändern Einkerbungen zeigten. In frischem Material sah ich solche Kerben nie, sie sind sicher eine pathologische Erscheinung. Gegenüber den Arten dieser Gattung, die auf Grund solcher Einkerbungen beschrieben sind, muß man sehr skeptisch sein, vor allem, wenn sie nach Formalinmaterial beschrieben sind. (Siehe auch Behre 1956, S. 35.) — Zw +, sa 1, Ev 1—2, Si 1.

31. *Ph. longicauda* subsp. *cordata* Pochmann. — 123—133 (ohne Stachel 67—80) μ lang, 59—61 μ breit. — Zw: eine Zelle, sa 1, Pa: eine Zelle.

— subsp. *rotunda* Pochmann. — 171 (ohne Stachel 93) μ lang, 67 μ breit. Typisch. — Wo: einmal eine Zelle.

32. *Ph. minutus* (Playfair) Pochmann. — 27—31 (ohne Stachel 24—27) μ lang, 21 μ breit. — sa 1, Pa +.

33. *Ph. mirabilis* Pochmann. — 35 (ohne Stachel 21) μ lang, 16 μ breit. — Pa: in einer Probe nicht selten.

34. *Ph. orbicularis* Hübner? — 76 (ohne Stachel 56) μ lang, 42 μ breit, mit hohem Kamm. Entspricht der Figur Rolls bei Pochmann (1942, Fig. 79), die von Pochmann als unsicher angegeben wird. — Zw: eine Zelle.

35. *Ph. oscillans* Klebs. — 21—32 μ lang, 8—11 μ breit. Entspricht gut der Diagnose, auf der einen Seite ist der Rand vorn, auf der anderen Seite hinten stärker eingerollt. Sa: im Verbindungsgraben zwischen den beiden Seen häufig. Pa und Wo: je einmal in einer Kuhtränke häufig bzw. nicht selten.

36. *Ph. platalea* Drzepolski? Tafel 2, Abb. 3. — 71—75 (ohne Stachel 56—63) μ lang, 46—54 μ breit. Dorsalseite gewölbt, Ventralseite flach. Unterscheidet sich vom Arttypus durch die bedeutendere Größe und vor allem dadurch, daß zwei lochscheibenförmige (oder daneben auch scheibenförmige?) Paramylonkörner statt eines vorhanden sind, die hintereinander liegen und nur in Pol- oder Seitenansicht als zwei getrennte Körner erkannt werden können. Vielleicht könnte Drezepolski das zweite Paramylonkorn entgangen sein. — Sa: eine Zelle, sa 2.

37. *Ph. platyaulax* Pochmann. — 38 (ohne Stachel 35) μ lang, 30 μ breit, 15 μ dick. Typisch. Pa +.

38. *Ph. pleuronectes* (O. F. M.) Dujardin. — pH (4,6—)5,4—9. Zw 1, Sa 1, sa 1, Ev 1—2, Pa 2, Wo +, Si +, Bu +.

— fa. Tafel 2, Abb. 6. — 43 μ lang, 32 μ breit. Mehrfach wurden in fast allen Seen farblose, schwimmende Formen mit rotem Augenfleck und zahl-

reichen Paramylonkörnern gesehen. Die Abbildung bringt eine solche mit scharfem Kiel, die zu *Ph. triqueter* hinüberleitet. Es wurde keine Andeutung von Chloroplasten gesehen. — Die Art ist im allgemeinen in den Seen weniger häufig, als man nach den Literaturangaben erwarten sollte, aber was ich an farblosen Phacuszellen sah, gehört fast ausnahmslos zur pleuronectes-triqueter-Gruppe

39. *Ph. pseudonordstedtii* Pochmann. — 35 (ohne Stachel 32) μ lang, 19 μ breit, 7—8 μ dick. — Zw +, sa: eine Zelle.

40. *Ph. pyrum* (Ehrenb.) Stein. Tafel 2, Abb. 9 fa. 33—45 μ lang, 13—18 μ dick. Stets drehrund, im übrigen aber nicht ganz einheitlich. Gezeichnet ist eine Form, bei der die Spiralrippen etwas enger als gewöhnlich liegen. pH 4,5—9. Zw +, sa 1, Ev 1, Pa 1—2, Wo 1.

41. *Ph. rudicala* (Playfair) Pochmann. Tafel 2, Abb. 8. 38—45 (ohne Stachel 29) μ lang, 13,3—19 μ breit, 10—12 μ dick. — Pa: in einer Torfmoosprobe nicht selten.

42. *Ph. suecicus* Lemm. — 32—37 μ lang, 19—27 μ breit, Geißel etwa körperlang. Meist sehr typisch, vereinzelt ähneln die Warzen aber mehr kleinen Stacheln. — pH 5—7. Sa +, im Verbindungsgraben der Seen häufig, sa 1—2, Ev +.

43. *Ph. tortus* (Lemm.) Skvortzov. — sa +.

44. *Ph. triqueter* (Ehrenb.) Duj. — Zw +, sa 1, Wo +.

45. *Ph. trypanon* Pochmann. — 37 (ohne Stachel 24) μ lang, 18 μ breit, 18 μ dick. Zw: eine Zelle.

46. *Trachelomonas abrupta* Swir. em Defl. 1926/27, Tafel 21, Fig. 345—352. — 27 μ lang, 15—17 μ dick. sa 1.

47. *Tr. euchlora* (Ehrenb.) Lemm. — Gehäuse 24—27 μ lang, 11—16 μ breit. Zahlreiche Chromatophoren mit je einem Pyrenoid. Das Gehäuse ist aber stärker abgerundet als bei den Bildern Steins und Conrads. — Zw 1, sa 1—2, Pa 1, Wo 1.

— var. *cylindrica* (Ehrenb.) Lemm. — Gehäuse 18—26 μ lang, 9—11 μ breit. — sa 1.

48. *Tr. hispida* (Perty) Stein. — Mit der Art zusammen und nicht immer von ihr zu unterscheiden var. *punctata*. — pH (4,5—)5,7—9. Zw 2, Sa 1—2, sa 1—2, Ev 2, Pa 1—2, Wo 1—2, Si 1.

49. *Tr. horrida* Palmer. — Gehäuse 35 μ lang, 25 μ breit. Sehr kennzeichnend sind die prismatischen, nur an den Enden zugespitzten Stacheln und die Warzen zwischen den Stacheln. — sa 1, Ev: eine Zelle.

50. *Tr. intermedia* Dang. — Gehäuse meist etwas länger als breit und im Längsschnitt etwa abgerundet rechteckig. — pH 5,4—9. Zw 1—2, Sa +, sa 1, Ev 1, Pa 1.

51. *Tr. oblonga* Lemm. — Gehäuse 14—21 μ lang, 9—15 μ breit. — pH (4,5—)5,4—9. Zw. 2—3, Sa 1, sa 1, Ev 1—2, Pa 1—2, Wo 1—2, Si 1—2.

52. *Tr. Raciborskii* Wolosc. var. *Rossica* Skv. Deflandre 1926/27, Tafel 14, Fig. 278. — Gehäuse 35—46 μ lang, 24—27 μ breit, also etwas schmaler als bei Skvortzov. — Sa 1, sa 1.

53. *Tr. rugulosa* Stein. Stein 1878, Tafel 22, Fig. 12—13. — Zw 1, Sa 1, sa +, Ev 1, Wo +.

54. *Tr. Stokesiana* Palmer. Deflandre 1926/27, Tafel 16, Fig. 81—83, 85, 90—91 als *Tr. rugulosa*. Ich sehe nicht ein, warum Deflandre diese Art zu *Tr. rugulosa* zieht, von der sie stets zu unterscheiden ist. — pH (4,5—)5,7 bis 7,5. Sa 2, sa 1—2, Ev 2, Wo 1, Si 1.

55. *Tr. volvocina* Ehrenb. — pH 4—9. Zw 2—3, Sa 2—3, sa 3, Ev 3, Pa 2, Wo 2—3, Si 2—3, Bu 2, bu 1—2.

56. *Colacium arbuscula* Stein. — Mit langen, verzweigten Gallertstielen. — sa: einmal ein Cyclops dicht damit bewachsen.

57. *C. vesiculosum* Ehrenb. Wo: einmal häufig auf Bosminiden.

58. *Astasia Dangeardii* Lemm. — sa +, Si +.

59. *Cyclidiopsis acus* Korshikov. — 142—266 μ lang, 6—11 μ dick. Das sicherste Unterscheidungsmerkmal gegenüber *Euglena acus* var. *hyalina* bestand bei meinen Formen in den dünnen, nach beiden Enden nadelförmig zugespitzten und deutlich gekrümmten Paramylonkörnern. Auch ist der Zellkern länger als bei jener Art, allerdings nicht so lang wie bei Skuja (1939, Tafel 7, Fig. 11—12). Das Vorderende der Monade ist abgestutzt, der Schlund genau radiär symmetrisch. Man findet aber auch bei *Euglena acus* var. *hyalina* neben Individuen mit schräg abgestutztem Vorderende und seitlichem Schlund auch solche, bei denen das Vorderende mehr oder weniger gerade abgestutzt ist und der Schlund fast oder auch ganz radiär liegt, so daß dieses Unterscheidungsmerkmal nicht durchgreifend ist. — In Proben aus dem Silbersee, in denen beide Arten gemeinsam vorkamen und sich nach einiger Zeit beide stark vermehrt hatten, waren sie stets sicher zu unterscheiden. — pH 4—7. Sa +, sa 1—2, in Torfmoos häufiger, Wo 1 (in Torfmoos), Si 1—2 (meist in Torfmoos), Bu 1.

60. *Menoidium incurvum* (Fres.) Klebs. — 17 μ lang, 6,4—7 μ dick. Etwas schmaler als die Art, aber durch die schwache Krümmung der Zellen und die entfernten Längsstreifen doch sicher charakterisiert. — In zwei Torfmoosproben aus dem Wollingster See und dem Großen Bullensee nicht selten.

61. *M. pellucidum* Perty. Tafel 2, Abb. 11. — 43—56 μ lang, 7—11 μ breit. Das Hinterende ist manchmal hyalin, etwas angeschwollen und hat eine dünnere Pellikula als die übrigen Teile. Man hat den Eindruck, als ob es metabol wäre, doch habe ich keine Formveränderung gesehen. — Sa, Ev und Pa: je eine Zelle, Wo 1, Si 1.

62. *M. tortuosum* Stokes. — sa: eine typische Zelle.

63. *Distigma proteus* Ehrenb. — Sa +, bu: eine Zelle.

64. *Peranema granuliferum* PENARD. — 16 μ lang, 10 μ breit, Geißel mit Pa 2—3, Wo 1, Si 1, Bu 1, bu 1.

65. *P. trichophorum* (EHRENB.) STEIN. — pH 4—9. Zw 1, Sa 2, sa 1, Ev 2, Pa 2—3, Wo 1, Si 1, Bu 1, bu 1.

66. *Uceolus cyclostomus* (STEIN) MERESCHKOWSKI. — Sa und Pa: je eine Zelle. — An mehreren Stellen unbestimmbare Urceoluszellen.

67. *Petalomonas alata* STOKES? — Sa +, sa +.

68. *P. inflexa* KLEBS var. *obliqua* KLEBS. HUZEL 1937, S. 53 u. Tafel 5, Fig. 5. — 15 μ lang, 12 μ breit, 3 μ dick. — Sehr kennzeichnend ist die schiefe Stellung der Geißel beim Schwimmen. — Wo +.

69. *P. praegnans* SKUJA. — 67 μ lang, 42 μ breit. — Ev: eine typische Zelle.

70. *P. prototheca* SKUJA. — 27 μ lang, 14 μ breit, um 12 μ dick. Geißel körperlang, mit Spitzenbewegung. Auf der Oberfläche kleben mehrere Fremdkörper. Ev: eine Zelle.

71. *P. quadrilineata* PENARD? — 20 μ lang, 10 μ breit, also etwas größer als bei PENARD. Vier starke Längsrippen. Geißel doppelt körperlang. — sa: eine Zelle.

72. *Heteronema acus* (EHRENB.) STEIN. — 37—95 μ lang, 7—21 μ breit. — Zw +, Sa 1, sa +, Pa +, Wo 1, Si +, Bu +, bu 1.

73. *H. leptosomum* SKUJA fa. Tafel 2, Abb. 12. — Etwas größer als bei SKUJA, aber wohl sicher zur Art gehörend. Im Zwischenahner Meer einige Zellen von 67—80 μ Länge und 5,4 μ Breite, mit einer Schwimmgeißel von $^2/_3$ Körperlänge und einer Schleppgeißel von $^1/_3$ Körperlänge. In einer Probe des Wollingster Sees nicht selten eine kleinere Form von 55—65 μ Länge und 4,5—6 μ Breite.

74. *H. mutabile* (STOKES) LEMM? sa und Wo: je eine Zelle.

75. *H. nebulosum* (DUJ.) KLEBS? — Zellen sehr groß, stark metabol, im ausgestreckten Zustande über 100 μ lang, zusammengezogen etwa dem Bilde der Süßwasserflora entsprechend (Fig. 363), mit sehr auffälligen, im ausgestreckten Zustande der Zelle voneinander entfernten, linksläufig spiraligen, starken, fast rippenartigen Streifen. Die Zelle hat ein schmaleres Vorderteil mit mehr hyalinem und ein breiteres Hinterteil mit granuliertem Plasma, im letzteren eine größere Anzahl von länglichen Paramylonkörnern. Schwimmgeißel körperlang, Schleppgeißel weit kürzer. Staborgan vorhanden. — Es scheint mir zweifelhaft, ob die gefundene Form mit der der Süßwasserflora und der von SKUJA (1939, S. 142) beschriebenen identisch ist. — sa: zwei Zellen.

76. *H. scaphurum* SKUJA? — Zwischen Torfmoos am Ufer des Großen Bullensees und des Kleinen Sager Meeres fand ich eine Heteronema, von der ich im Zweifel bin, ob ich sie zu SKUJAS Art rechnen darf. Sie ist etwas kleiner als diese, 60—70 μ lang, 22—25 μ dick, und sie zeigt nicht ganz die gleiche Körperform, indem sie nicht tordiert ist und der Körper nicht vor-

wiegend spindelförmig, sondern ellipsoidisch bis eiförmig. Außerdem ist sie ziemlich stark metabol, während SKUJA seine Art 1934 schwach metabol nennt, 1938 allerdings sagt, daß sie bei Störung sich bis zur Kugelform abrunden kann. In allen anderen Merkmalen stimmt unsere Form sehr gut mit der SKUJAS überein, so daß ich annehmen möchte, daß durch die Beobachtung unter dem Deckglas die Metabolie und damit die Körperform in verschiedener Weise beeinflußt werden kann. Vor allem hat unsere Art auch die becherförmige Aushöhlung am Hinterende, die auch hier bei einer Abrundung des Körpers bis zur Kugelform erhalten bleibt. In der Nähe dieses Bechers habe ich mehrfach eine kontraktile Vakuole gesehen, die sich in den Becher hinein entleert. Eine zweite kontraktile Vakuole ist in der Nähe des Schlundes. Dann hat unsere Form den gleichen auffällig großen, zentral oder fast zentral gelegenen Zellkern, über dem man die ebenfalls sehr locker nach links vorn laufende Streifung verfolgen kann (Streifenabstand $2^1/_2$ μ). Die Schwimmgeißel ist $1^1/_2$- bis $1^3/_4$mal körperlang, die Schleppgeißel nicht ganz körperlang. Die mäßig große Schlundöffnung mündet schief. Ein deutliches Staborgan ist vorhanden. Daneben finden sich noch kompliziertere Schlundstrukturen, deren Untersuchung noch nicht abgeschlossen ist. Die Fundorte zwischen Torfmoos entsprechen denen SKUJAS. — Sa +, Ev: eine Zelle, Si 1, Bu 1—2, bu 1.

77. *Tropidoscyphus falcatus* n. sp. Tafel 2, Abb. 10a—c. — *Monada modice metabolica, e vertice visa fere orbicularis, a fronte visa leviter curvata, dorso convexa, ventre leviter concava, parte anteriore oblique truncata, parte posteriore protracta et cauda praedita, extremo rotundato. Long. cell. 53—61 μ, lat. (5,5—8)—12 μ. — Quattuor striae longitudinem cellulae sequuntur, striis ad utrumque latus finitis angulis procedentibus. Nucleo paulo subaequatoriale. Stigmate nullo. Granulis paramylaceis plusminusve numerosis, annuliformibus vel annulum catenae formantibus. — Flagellis binis, flagello antico cellulae longitudini paene aequilongo, flagello postico brevissimo, ad latus concavum cellulae verso. Monada natante totum flagellum movetur. — Multiplicatio divisione longitudinali in statu flagellifero, ab anteriore parte cellulae ad posteriorem procedente.*

Die vier Längsleisten der Zelle werden seitlich durch mehr oder weniger vorspringende Kanten begrenzt, so daß manchmal die vier Leisten, manchmal die acht Kanten schärfer hervortreten, oft ist beides undeutlich. Die einzige Metabolie beim Schwimmen besteht darin, daß das schmale Hinterende der Zelle eingezogen werden kann, was sehr oft geschieht. Die Kriechbewegung geschieht unter langsamer, aber kräftiger Metabolie, die in einer Verkürzung der Längsachse unter kräftiger Torsion besteht. Figur 10c zeigt ein bei der Konservierung tordiertes Exemplar, doch kommen im lebenden Zustande gleich starke Torsionen vor. — Die Monade bevorzugt Torfmoos und verschmutzte Stellen. — pH 4—6. Zw +, Sa: im Verbindungsgraben zum Kleinen Meer einmal massenweise, sa 1—2, Ev 1, Pa 1—2, Wo +, Si 1—2, Bu 2, bu 1.

78. *Anisonema acinus* Duj. — 22—35 μ lang, 11—19 μ breit. Die Angaben sind nicht immer gesichert, da anfangs auch *A. prosgebium* mit zur Art gezählt wurde. — Zw 1, Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1—2, Pa 2—3, Wo 1, Si +, Bu 1, bu 1.

79. *A. prosgebium* Skuja. — Entspricht gut der Beschreibung Skujas. Vielleicht in allen Seen vorhanden. (Siehe die vorige Art.) Gefunden Sa +, sa 1, Ev +, Pa 1, Wo 1, Si 1—2, bu 1—2.

80. *Entosiphon ovatum* Stokes. — Nicht immer sicher von der folgenden Art zu trennen, da die unterscheidenden Merkmale nicht immer parallel gehen. — pH 5—7,7. Sa 1, sa 1, Ev 1—2, Pa 2, Wo +, Si +.

81. *E. sulcatum* (Duj.) Stein. — Siehe die vorige Art. — pH 5—8. Zw 1, Sa 2, sa 1, Ev 1—2, Pa 2, Wo 1, Si +.

Volvocineae

1. *Hämatococcus pluvialis* Flotow em. Wille. — Bu +.

2. *Carteria crucifera* Korshik. Zellen abgerundet zylindrisch, 22—24 μ lang, 9—13 μ breit. Membran mit kreuzförmiger Papille. Chromatophor röhrenförmig, in der Mitte mit mächtiger Querplatte, in der sich das große Pyrenoid befindet, durch feine Längsrippen gestreift erscheinend. Diese Rippen sind etwas breiter und etwas weiter voneinander entfernt als bei der Abbildung Korshikoffs in der Süßwasserflora. Der basale Teil des Chromatophors läßt am hinteren Ende nur eine kleine Öffnung frei, in deren Nähe sich der Kern befindet. Stigma meist in der Mitte der vorderen Zellhälfte, doch auch weiter zurück bis fast in der Höhe des Pyrenoids. Vermehrung nach Abwerfen der Geißel im ruhenden Zustande. Es werden vier Tochterzellen innerhalb der geweiteten Mutterzellmembran gebildet. — Ev: in einer Probe nicht selten, zusammen mit *Carteria radiosa*.

3. *C. multifilis* Dill. — Entspricht der Beschreibung in der Süßwasserflora. 13 μ lang, 10 μ dick. Die bewegliche Zygote mit acht Geißeln wurde gesehen. — bu: in einer Probe nicht selten.

4. *C. radiosa* Korshik. 14—21 μ. Typisch. Ev: häufig in einer Probe mit Torfmoosmudde, zusammen mit *C. crucifera*.

5. *Chlamydomonas bicoeca* Pascher. Papille sehr flach, manchmal kaum ausgebildet. — Sa: einmal in großer Menge im Verbindungsgraben zum Kleinen Meer.

6. *Chl. coccifera* Goroschankin? — Die vegetativen Merkmale stimmen mit der Diagnose überein, aber Gameten und Zygoten nicht gesehen. — Bu 1—2.

7. *Chlorogonium curvicauda* n. sp. Tafel 2, Abb. 15a—c. *Monada haud metabolica, rhomboideo-elliptica, parte anteriore late rotundata, parte posteriore protracta in caudam hyalinam, paene rectangule decurvatam. — Long 31—35(—40) μ, lat. 8—14 μ, long. caudae 17—18 μ. Membrana tenui, achroa, levi. Chromatophoro poculiformi, cum 2 (rarius 3) pyrenoidibus*

lateralibus, uno ante nucleum, altero post nucleum. Nucleo centrali. Stigmate rubro, plusminusve rotundato, paululo supra mediam juxta membranam posito. Papilla antica sat humilis, depresso hemisphaerica, a vertice visa crucem formans. 2 flagellis cellulae longitudine fere ²/₃-plo longioribus, in angulis papillae insertis. Vacuolis contractilibus binis prope basin flagellorum dispositis. Monada vel libere natans vel — amissione flagellorum — cauda curvata granis arenae affixa. Multiplicatio verisimile fit zoosporis.

Die Schwimmbewegung der Monade ist langsam und wackelnd. Ich habe nicht feststellen können, ob das bewegliche oder das geißellose Stadium vorherrscht. Deshalb stelle ich die Form vorläufig zur Gattung *Chlorogonium*, der sie sich wohl auch durch die Art ihrer Fortpflanzung anschließt. Ich sah zwar keine Vermehrungsstadien, aber häufiger leere Zellhüllen. Wahrscheinlich geht also die Fortpflanzung durch Schwärmerbildung wie bei den anderen *Chlorogonium*-Arten vor sich.

Die genaue Form des Chromatophors und die Pyrenoide sind nicht in jeder Zelle zu erkennen. Die beiden Lappen der Papille sind nicht gleich dick (siehe Fig. 15 c). Die beiden kontraktilen Vakuolen entleeren sich je im Abstande von etwa 35 Sekunden. Das Stigma liegt stets sehr dicht unter der Zellmembran. — Pa: am 28. 3. 1939 fünf Exemplare in drei verschiedenen Proben. Bu: am gleichen Tage wie eben in fünf Proben in verschiedener Häufigkeit (1—3), auf Sand und zwischen Algenwatten, auch auf Algen *(Cylindrocystis Brébissonii)* aufsitzend. Später nicht wieder gesehen.

8. *Chl. cf. Heimii* Bourr. Tafel 2, Abb. 14. — 42—43 μ lang, 5—6 μ breit, Geißel um 16 μ lang. Die Zellänge ist sehr konstant. Die Form unterscheidet sich von der Bourrellys (Bourr. 1951, S. 268 u. Tafel 4, Abb. 85—88) durch die schärfer abgesetzten Enden, die auch frei vom Chromatophoren sind, und durch den Bau des Chromatophoren. Der im Prinzip topfförmige Chromatophor hat ein mächtig entwickeltes Basalstück und eine auf einer Seite längsgespaltete Wandung. Durch diesen Spalt nähert er sich dem parietalen Chromatophoren von Chl. Heimii. Auch nach Jodzusatz ist kein Pyrenoid zu erkennen. Der Kern liegt zentral. Die Zahl der Vakuolen habe ich nicht feststellen können. — Die Monade schwimmt unter Rotation um die Längsachse, wobei die Rotationsrichtung wechseln kann. — Si: in einer Torfmoosprobe nicht selten.

9. *Scourfieldia complanata* G. S. West. — Eine typische Zelle im Verbindungsgraben der Sager Meere.

10. *Pteromonas Chodati* Lemm. — Zw: einmal nicht selten an verschmutzter Stelle, Pa: eine Zelle.

11. *Polytoma uvella* Ehrenb. — Pa: einmal massenweise in einer Kuhtränke.

12. *Gonium pectorale* Müller. — Sa 1, sa 1, Pa 1.

13. *Pandorina morum* (Müller) Bory. — Sa 1, sa 1, Pa 1, Wo 1.

14. *Eudorina elegans* Ehrenb. — Meist ausgesprochener Plankter, auch im Winter unter dem Eis ziemlich häufig und in Vermehrung gefunden. — pH (4,5—)5,4—9. Zw 3, hier neben normalen Kolonien mit 32 Zellen häufiger solche mit 16 und 8 Zellen, die auch im Koloniebau manchmal zu *Pandorina morum* hinüberleiten. Sa 2, sa 3, Pa 2—3, Wo 1, Si +.

15. *Volvox aureus* Ehrenb. — Sa: eine Kolonie, Wo 1—2, im Plankton.

Tetrasporales

1. *Gloeococcus Schröteri* (Chod.) Lemm. — pH 5,0—8. — Zw 1, Ev 1—2, Pa 1, Wo: Zur Zeit einer Wasserblüte von *Botryococcus* mehrere Monate sehr häufig, nachher nicht wieder gesehen.

2. *Palmella mucosa* Kütz. — Wo: eine größere makroskopische Watte, die der Diagnose entsprach, November 1952 an verschmutzter Stelle unter dünnem Eis.

3. *Asterococcus superbus* (Cienk.) Scherffel. — pH 4,5—7,7. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1, Pa 2—3, Wo 2, Si +, bu 1.

4. *Gloeocystis ampla* Kütz. — Sa 1, sa 1, Pa 1, Wo 1.

5. *Gl. major* Gerneck. sa +, Pa +.

6. *Gl. vesiculosa* Näg. — Lager, die der Artbeschreibung entsprechen, fanden sich in den Sager Meeren einige Male gehäuft, auch in allen anderen Seen vereinzelt und mehrfach häufiger mehr oder weniger zweifelhafte Formen.

7. *Palmodictyon varium* (Näg.) Lemm. — Sa: einmal nicht selten in einem Zuflußgraben. Pa 1—2.

8. *Tetraspora cylindrica* (Wahlenb.) Ag. — Wo: April 1949 an mehreren Stellen größere makroskopische Watten bildend, im folgenden Dezember einzelne Lager.

9. *T. lubrica* (Roth) Ag. — Sa: in den sauren Zuflußgräben häufiger größere makroskopische Watten bildend, im Meere selbst selten. Ev: bei zwei Besuchen makroskopische Watten.

10. *Schizochlamys gelatinosa* A. Br. — Sa: vor dem Kriege bei mehreren Besuchen größere makroskopische Watten an ruhigeren Stellen. sa vereinzelt.

11. *Apiocystis Brauniana* Näg. — Sa +, sa +, Pa 1.

12. *Gloeochaete Wittrockiana* Lagerh. — Sa +, Ev 1—2.

13. *Glaucocystis nostochinearum* Itzigs. — Pa 3—4, vor dem Kriege bei jedem Besuch, nachher nur einmal einige Zellen.

Protococcineae

1. *Chlorococcum olivaceum* Rabenh. — Zellen 11 μ dick, Zellinhalt grünlich bis bräunlich. Chromatophor eine große, parietale, gebogene Platte mit deutlichem Pyrenoid. — Zw: einmal auf Laubmoos ein größeres, schleimiges Lager.

2. *Kentrosphaera Facciolae* Borzi. — Zw: einmal zwischen Lyngbyen an einem Schilfstengel nicht selten.

3. *Characium longipes* Rabenh. — Entspricht in der Form den Abbildungen von *Characiopsis longipes* bei Pascher (Kryptogamenflora Bd. 11, Fig. 642—644), unterscheidet sich aber durch den Besitz eines deutlichen Pyrenoids. Zellen 33 (ohne Stiel 22) μ lang, 4,5 μ dick. — Sa 1.

4. *Ch. Pringsheimii* A. Br. — Sa +, sa 1, Wo +.

5. *Ch. Sieboldii* A. Br. — Pa: einmal ziemlich häufig.

6. *Apiococcus consociatus* Korshik.? — Zellen 19—53 μ groß, einzeln und in Gruppen auf höheren Pflanzen aufliegend. Die mannigfachen Zellformen entsprechen den Bildern Korshikoffs (Printz 1927, S. 454), doch wurden die eigenartigen gespaltenen Zellwände, die Korshikoffs Bilder zeigen, nicht gesehen. Der Chromatophor hat meist ein Pyrenoid, seltener zwei. Ältere Zellen können Hämatochrom bekommen. Die Zellausstülpungen sind nicht Membranverdickungen, sondern enthalten Plasma. Wo: bei einem Besuch nicht selten.

7. *Pleurococcus vulgaris* Menegh. — In allen Seen außer dem Zwischenahner Meer fanden sich in allen Habitaten Lager, die offenbar zu dieser Art gehören. Meist waren es Zweier- und Vierergruppen, vereinzelt auch größere Lager. Sie ähneln auch *Chlorosarcina elegans,* doch sah ich nie Andeutung von Sporenbildung, auch war der Chromatophor nicht glockig, sondern mehr plattenförmig. Man hat den Eindruck, daß ins Wasser geratene Teile von *Pleurococcus vulgaris* sich hier sehr lange halten.

8. *Elakatothrix viridis* (Snow) Printz. Printz 1928, Fig. 54 A—C. — Zellen 28—48 μ lang, 7—11 μ breit. — Pa 1—2.

9. *Closteriospira lemanensis* Reverdin. Tafel 3, Abb. 4. Skuja 1948, S. 144 u. Tafel 16, Fig. 18—20. Zellen 40 μ lang, 5,5 μ breit. Vermehrung durch schräge Zellteilung. — bu: einmal unter dem Eise nicht selten.

10. *Coccomyxa dispar* Schmidle. — Zum Teil etwas unsichere Formen. — Pa, Bu und bu: als Filz von Luftalgen am Ufer des Sees.

11. *C. subglobosa* Pascher? — Zellen 6—8 μ lang, 3,5—6 μ breit, ellipsoidisch, manchmal fast kugelig, mit einem plattenförmigen, parietelen Chromatophor ohne Pyrenoid, in geschichteter Gallerthülle, meist zu vieren, wobei die Geschwisterzellen noch gemeinsame Gallertschichten haben. Die Paare zu größeren Gruppen vereinigt, die in größerer Zahl auf und in einem Gallertlager von *Mesotaenium chlamydosporum* auf einem Baumstumpf im Kleinen Sager Meer etwa in Wasserspiegelhöhe und darüber sich befinden. Dort mehrere Jahre beobachtet. Die Maße, die Gestalt der Zelle und der Chromatophor entsprechen der Beschreibung Paschers in der Süßwasserflora. (Die Angaben über die Zellbreite bei Jaag [1933, S. 49] stimmen mit meinen Maßen nicht überein. Sie stehen aber nicht in der Diagnose Paschers und passen auch nicht zur Länge von 6—8 μ, wenn die Zellen fast kugelförmig sein sollen.) Unsere Form unterscheidet sich von

der Paschers durch die scharfe Schichtung der Gallerte und das Vorkommen nicht auf Torfmoos, sondern halbaërophytisch in der Gallerte einer anderen Alge.

12. *C. Corbierei* Wille. Jaag 1933, S. 58. — Bildet kleine, höckerige, ineinanderfließende Gallertlager an Birkenstämmen dicht über dem Wasserspiegel des Everser Sees. Die Zellen sind ellipsoidisch, 8—11 μ lang, 5,3—9 μ breit, bei lebhafter Zellteilung noch kleiner, mit parietalem Chromatophor, ohne Pyrenoid, einzeln oder meist in kleinen regellosen Gruppen in der ungeschichteten Gallerte gelagert. Die Alge wurde mehrere Jahre an der gleichen Stelle beobachtet.

13. *Pediastrum angulosum* (Ehrenb.) Menegh. var. *araneosum* Racib. — Sa 1—2.

14. *P. biradiatum* Meyen. — Nicht immer sicher von *P. tetras* v. *tetraodon* zu unterscheiden. Zweifelhaft sind vor allem Coenobien mit zentraler Lücke, entsprechend biradiatum, bei denen die inneren Zellen aber nicht typisch H-förmig sind, sondern nur den schmalen Einschnitt der tetras-Zellen zeigen. — Sa 1, sa 1.

15. *P. Boryanum* (Turpin) Menegh. — Nicht immer sicher gegen *P. duplex* abzugrenzen. Coenobien mit kleinen Lücken an Stellen, wo drei oder vier Zellen zusammenstoßen, wurden zu Boryanum gerechnet, solche mit Lücken in der Mitte des tangentialen Zellrandes, die einen Anfang der H-förmigen duplex-Zellen darstellen, dagegen zu dieser Art. Dabei treten aber die von mir früher beschriebenen Übergänge auf (1939, S. 69 u. 70). — pH 6—9. Zw 3, Sa 2—3, sa 2, Ev 1, Pa 1.

16. *P. duplex* Meyen. — Hier bin ich nur mit Bedenken der Umgrenzung Bigeards (1933) gefolgt, da der Umfang der Art doch sehr groß wird. — pH 6—9. Die Verbreitung stimmt genau mit der der vorigen Art überein. Zw 3, Sa und sa 2—3 (hier häufig Formen mit sehr kleinen Lücken, die meist der var. *rugulosum* Racib. entsprechen), Ev 1, Pa +.

17. *P. integrum* Näg. — Zw 1, Sa 1.

18. *P. Kawraiskyi* Schmidle. — Zw 1, Sa 1, Ev und Pa: je eine Coenobium.

19. *P. simplex* Meyen. — Zw: ein Coenobium (= *P. clathratum* Lemm.).

20. *P. tetras* (Ehrenb.) Ralfs. — Meist in der *var. tetraodon* vorliegend. — pH 5,4—9. Zw 2, Sa 2, sa 1—2, Pa: von 2—3 auf 1 abnehmend.

21. *Eremosphaera viridis* De Bary. — Bis 205 μ groß. pH 5,4—7. Sa: nicht selten in zwei Watten am Ufer und in einem sauren Zufluß, Pa 2, nur vor dem Kriege.

22. *Chlorella vulgaris* Beyerinck. — Hierher gerechnet die grünen Symbionten in Paramaecium, Stentor, Aspidisca und in Amöben. Sie sind in allen Seen in den Häufigkeiten von 1 bis 2 gefunden.

23. *Golenkinia radiata* Chodat. — Einige Kolonien in einer Planktonprobe des Zwischenahner Meeres.

24. *Micractinium pusillum* Fresenius. — Zw. 1.

25. *Chodatella ciliata* (Lagerh.) Lemm. — 12 μ lang, 9 μ breit, an jedem Ende 7—8 Borsten von fast 20 μ Länge. — Zw 1.

26. *Trochiscia aciculifera* (Lagerh.) Hansg. — Pa: eine Zelle.

27. *Tr. granulata* (Reinsch) Hansg. — Si: einmal nicht selten an einem Schilfhalm.

28. *Oocystis crassa* Wittr. — Pa 1—2.

— var. *Marssonii* (Lemm.) Printz. — 11—19 μ lang, 6—11 μ breit. — pH 7—9. Zw 2, Sa +, Ev 1?

29. *O. lacustris* Chod. — pH 7—9. Zw 2—3.

30. *O. parva* W. u. W. — pH 4,0—4,8. bu 2.

31. *O. solitaria* Wittr. Tafel 3, Abb. 2a—b. — Neben Zellen, die sehr deutliche Pyrenoide zeigten, fanden sich solche, bei denen auch mit Immersion keine Andeutung eines Pyrenoids zu erkennen war. Da die beiden Formen sonst völlig übereinstimmen, so muß ich mich hier der Ansicht von G. M. Smith (1920, S. 113) anschließen, daß diese Art Pyrenoide führen kann oder nicht. — pH 4,0—5(—7). Sa 2, sa +, Pa +, Si 1, bu 3.

32. *Kirchneriella contorta* (Schmidle) Bohlin. — Sa 1, sa 1, Pa: eine Zelle.

33. *K. lunaris* (Kirchn.) Möbius. — Sa 1, sa +, Ev 1.

34. *K. obesa* (W. West) Schmidle. — pH 5,4—9. Zw 2, Sa 1, sa +, Ev 1, Pa 1—2.

35. *Tetraëdron bifurcatum* (Wille) Lagerh. — Durchmesser 43, mit Stacheln 53 μ. — sa: eine Zelle.

36. *T. limneticum* Borge. — Neben typischen Formen fanden sich oft Zellen mit stark verdicktem Zellkörper, die den Bildern von Skuja (1948, Tafel 16, Fig. 1—3 und 1949, Tafel 10, Fig. 13—14) entsprechen. — pH 7—9. Zw 2.

37. *T. minimum* (A. Br.) Hansg. — pH. 7—9. Zw 1, Sa 1, sa +. Die Art ist in anderen eutrophen Seen Nordwestdeutschlands wesentlich häufiger.

38. *T. regulare* Kütz. — Sa 1, sa 1.

39. *T. trigonum* (Näg.) Hansg. — Zw 1.

40. *Botryococcus Braunii* Kütz. — Die häufigste Planktonalge, aber durchaus nicht gleichmäßig verteilt. — pH (4—)5—7(—8). Zw 1, Sa 3, sa 2—3, Ev 3—4, Pa 2—3, Wo 4, Si 4, Bu 2, bu +.

41. *Dictyosphaerium Ehrenbergianum* Naeg. — Die Art ist nicht immer von *D. pulchellum* zu unterscheiden. — Zw 1, Sa 1.

42. *D. minutum* Petersen. Petersen 1932, S. 37 und Fig. 19. — Sa 1.

43. *D. pulchellum* Wood. — In den eutrophen Seen ein ausgesprochener Plankter, findet sie sich in den oligotrophen immer mehr im Litoral, und zwar in den Bullenseen mit einer kleineren Zellgröße von 3—5 μ, wobei sich nicht entscheiden läßt, ob hier eine Kümmerform vorliegt oder eine physiologisch angepaßte Rasse. — pH 4—9. Zw 3, Sa 2—3, sa 2—3, Ev 0, Pa 2—3, Wo 1, Si 1—2, Bu 2—3, bu 1—2.

44. *Dimorphococcus lunatus* A. Br. — pH 5,4—6,7. Zw: eine Kolonie, Pa 2—3.

45. *Westella botryoides* De Wildeman. — Zw +.

46. *Quadrigula closterioides* (Bohlin) Printz. — pH 5,4—7,0. Sa: von 0 auf 2—3 zunehmend, sa: von 0 auf 2 zunehmend, Ev 1—2, Pa: von 2—3 auf 1 abnehmend.

47. *Scenedesmus acutiformis* Schröder. — Ev +.

48. *Sc. acutus* Chod. — Zw 1.

49. *Sc. antennatus* Bréb. — Oft auf sandigem Boden des Litorals, wo er mit den gallertigen Endverdickungen an den Sandkörnern festklebt. — pH 5—6,7. Pa 2, Wo: von 0 auf 2 zunehmend.

— var. *tetradesmiformis* Wolosc. Woloscynska 1917, S. 124, Fig. 1. — Die Form wurde nur mit dem Arttypus zusammen gefunden, mit dem sie auch durch Übergänge verbunden ist. Auch die Abbildung Woloscynskas zeigt beides zusammen. Ich kann daher Chodat nicht folgen, wenn er sie zu einer selbständigen Art erhebt. Pa 1.

50. *Sc. armatus* Chod. — pH 6,1—9. Vermehrt sich in alten Kulturen. Zw 2—3, Sa 2—3, sa 2—3.

— var. *bicaudatus* (Printz) Chod. — Zw. 1.

51. *Sc. brasiliensis* Bohlin. — Sa 1, Sa +, Pa 1.

52. *Sc. costatus* Schmidle. — Pa 1.

53. *Sc. crassus* Chod. — Zw 1—2. Wo +.

54. *Sc. curvatus* Bohlin. — Pa 1.

55. *Sc. denticulatus* Lagerh. Zw +.

— var. *linearis* Hansg.? — Sa 1—2, sa 1, Pa 1.

56. *Sc. dimorphus* Chod. — Zw 1—2, Pa 1—2.

57. *Sc. dispar* Bréb. — Wo +.

58. *Sc. ecornis* (Ralfs) Chod. Meist als var. *disciformis*. — pH (5,4—)7—9. Zw 2—3, Sa 1, sa 1, Pa 1, Wo +?, Si +?, Bu +?

59. *Sc. falcatus* Chod. — Pa und Wo: je ein Coenobium.

60. *Sc. maximus* Chod. — Sa: in einer Probe nicht selten.

61. *Sc. platydiscus* var. *alternans* (Reinsch) Chod. — Zw: in einer Probe nicht selten, Sa +, Pa +.

62. *Sc. quadricauda* Chod. — pH 6—9. Zw 3, Sa 2, sa 2, Ev +, Pa 1.

63. *Crucigenia rectangularis* (A. Br.) Gay. — Zw 1, Ev 1, Pa 1.

— var. *irregularis* (Wille) Brunntaler. — Si: in einer Probe nicht selten.

64: *Chr. tetrapedia* (Kirchn.) W. u. W. — Ev: von 2—3 auf 1 abnehmend.

65. *Tetrastrum pulloideum* Teiling. Teiling 1942, S. 66 und Abb. 2. — Stimmt gut mit der Figur Teilings überein. — pH 7—9. Zw 1—2.

66. *T. staurogeniaeforme* (Schröder) Lemm. pH 7—9. Zw 1.

67. *Coelastrum cambricum* var. *intermedium* (Bohlin) West. — pH 7—9. Zw 2.

68. *C. microporum* Näg. — pH (5,4—)7—9. Zw 2—3. Sa 1, sa +, Pa 1—2.

69. *Selenastrum Bibraianum* Reinsch. — pH 6—9. Zw: von 2—3 auf 0 abnehmend. sa: von 0 auf 1—2 zunehmend.

70. *Ankistrodesmus convolotus* (Corda) var. *minutus* (Näg.) Rabenh. — Zellen 14—26 μ lang, 2—3 μ breit. Etwas schmaler als in den Bildern bei Nägeli (1849, Tafel 4, Abb. C2) und Printz (1914, Tafel 7, Fig. 200—201), die Form muß aber wohl hierher gerechnet werden. — Ev: an Torfmoos 1.

71. *A. falcatus* (Corda) Ralfs. — pH 5,4—9. Zw. 2, Sa 2—3, sa 2—3, Ev 2, Pa 2—3, Wo 1, Si 1.

— var. *acicularis* (A. Br.) G. S. West. — pH 5,4—9. Zw 2, Sa 2, sa 2, Ev 1—2, Pa 2, Wo +, Si +.

— var. *mirabilis* W. u. W. — pH 5,4—7(—9). Zw 1—2, Sa 1—2, sa 2, Ev 2, Pa 1—2, Wo: bei einer Wasserblüte von Botryococcus im Plankton häufig, nachher nur einige Male im Litoral gefunden, Si: nach der Wasserblüte des Wollingster Sees einmal im Plankton ziemlich häufig.

— var. *radiatus* (Chod.) Lemm. — Pa 1.

— var. *stipitatus* (Chod.) Lemm. — Zw 1.

72. *A. falcula* (A. Br.) Brunnth. — Sa 1.

73. *A. Pfitzeri* (Schröder) G. S. West. — Wie auch Bourrelly (1951b, S. 679) angibt, ist diese Alge nicht gleich *Quadrigula closterioides*, sondern unterscheidet sich von ihr durch die abgerundeten Zellenden und die plumpere Gestalt. Ich habe sie seit 1938 im Everser See beobachtet und sie stets von *Quadrigula closterioides* unterscheiden können. Allerdings wäre es wohl besser, die beiden Arten in einer Gattung zu vereinigen. — pH 6,0—6,5. Ev 2.

74. *A. spiralis* (Turner) Lemm. — Ev: in einer Probe nicht selten.

A. sp. Zellen mondsichelförmig oder sigmoid gebogen, mit abgerundeten Enden, ein Chromatophor mit 2—4 Pyrenoiden. An der Seite des Chromatophors eine Aussparung für den Zellkern. Zellänge 75—110 μ, Breite 2,5—4,5 μ. Fortpflanzung unbekannt. — Von *Closterium* unterscheidet sich die Form durch die Anwesenheit nur eines Chromatophoren und durch das Fehlen der Endvakuolen mit den Gipskristallen. Es könnte aber vielleicht ein *Raphidonema* vorliegen. — pH 6,0—6,5. Ev 2—3.

75. *Keratococcus caudatus* Pascher. Tafel 2, Abb. 16. Zellen 27—35 (ohne Fortsätze 17—19) μ lang, 3—4 μ breit. Pyrenoid meist deutlich. Der Chromatophor wendet bei gewöhnlicher Belichtung seine Breitseite dem Licht zu, bei starkem Licht (unter dem Mikroskop) kehrt er ihm die Schmalseite entgegen. — Ev: einmal in der Gallerte von *Coccomyxa Corbierei* und *Mesotaenium chlamydosporum* an einem Birkenstamm dicht über dem Wasserspiegel nicht häufig.

1. *Ulothrix aequalis* Kütz. — Zellen 11—18 μ breit, 11—39 μ lang. — pH 7—9. Zw: im Frühlingsbewuchs in wechselnder Häufigkeit.

2. *U. subtilissima* Rabenh. — Zellen 4—5 μ breit, 5—13 μ lang. — pH 6,1—9. Zw 1—2, Sa 1, sa 1—2.

3. *U. tenerrima* Kütz. Zellen 7—8 μ breit, 5—16 μ lang. pH 4—9. Zw 2, Sa 1—2, Ev 1—2, Pa 2—3, Wo 2—3, Si 1—2, Bu 2—3, bu 1.

4. *U. tenuissima* Kütz. — Zellen 13—22 μ breit, 6—20 μ lang. Die Art ist nicht immer von der mit ihr zusammen vorkommenden *U. zonata* zu unterscheiden. — pH 7—9. Zw 3, wesentlicher Bestandteil der Frühlingsflora.

5. *U. variabilis* Kütz. — Zellen 5—7 μ breit. Da die Ausbildung des Chromataphors sehr von Außenbedingungen abhängt, läßt sich diese Art praktisch nur durch die geringere Fadendicke von *U. tenerrima* unterscheiden. Manchmal ist die Zuordnung zu einer der beiden Arten ziemlich willkürlich. Auffällig ist, daß beide Arten im genau gleichen und sehr weiten pH-Bereich gefunden werden. Vielleicht läßt sich dieser Formenkreis einmal auf andere Weise systematisch trennen. — pH 4—9. Zw 2—3, Sa 2, sa 1, Pa 2, Wo 1—2, Bu 2.

6. *U. zonata* Kütz. — Zellen 22—50 μ dick, $^1/_2$—$1^1/_2$mal so lang. — pH 6,5—9. Zw 3—4, in der Frühlingsflora herrschend. Pa 1—2.

7. *Stichococcus bacillaris* Näg. Pa: am Ufer des Sees als Luftalge einmal in größerer Menge.

8. *Gloeotila protogenita* Kütz. — Zellen 4—5,3 μ breit, 4—10 μ lang, also etwas dicker, als die Diagnose angibt. Gut gekennzeichnet durch den großen, pyrenoidlosen Chromatophoren. — Im Wasser der Seen selbst nicht gefunden, wohl aber als Luftalge unmittelbar am Ufer des Großen Sager Meeres, des Wollingster Sees, Silbersees und des Großen Bullensees.

9. *Hormidium flaccidum* A. Br. — Zellen 5—7 μ breit, 5—10 μ lang. Chromatophor gürtelförmig. Pyrenoid erst nach Jodzusatz erkennbar. — Ev: mehrfach auf Birkenstämmen dicht über dem Wasserspiegel.

10. *H. subtile* Heering. — Zellen 5—8 μ breit, 7—16 μ lang. Zellwand zart, Zellen mit Gürtelbandchromatophor (entsprechend Fig. 54 der Süßwasserflora), mit kleinem Pyrenoid. — Die häufigste Alge im Wollingster See. Hier in zwei Wuchsformen: an einer Steinmole am See in Wasserspiegelhöhe mit etwas längeren Zellen und nur vereinzelten Zweigbildungen, dann auf dem Sandboden in flachem, bewegtem Wasser auf größeren Flächen wirr verschlungene Fadenmassen bildend, wobei die Zellen etwas kürzer sind und die Fäden zahlreiche einfache und auch paarweise Zweigansätze bilden, mit denen sie an Sandkörnchen des Bodens festkleben und in ihrer Gesamtheit auch den Sandboden festlegen. — pH 4—6,5. Pa 2, hier eine Form mit etwas kürzeren Zellen (5,5×5—6 μ) und undeutlichem Pyrenoid. Wo 4, Si 1, Bu 1—2.

11. *Radiofilum irregulare* (Wille) Brunnth.? — Bu 1.

12. *Geminella interrupta* Turpin. — In zwei Proben der Sager Meere nicht selten in typischer Form zwischen anderen Fadenalgen, die bei der Untersuchung noch einen durchaus frischen Eindruck machten. Wo: In einigen Proben ziemlich selten typische Fäden zwischen anderen Algen, unter denen sich auch verschleimende Ulothrix-Fäden befanden.

13. *Binuclearia tectorum* (Kütz.) Beger. (= *B. tatrana* Wittr.). — Die Membrankappe der Endzelle ist kein eindeutiges Artmerkmal, da sie auch von jungen *Microspora*-Pflänzchen getragen wird. — pH 4—5,5. Sa: In Torfstichen und sauren Zuflußgräben nicht selten, im Meere selbst nur ganz vereinzelt, vielleicht aus den Gräben stammend. Wo 1—2, Si 1—2, Bu: von 3—4 auf 1 abnehmend, bu 1—2.

14. *Microspora amoena* (Kütz.) Rabenh. — Sa 1, sa 1—2.

15. *M. floccosa* (Vauch.) Thur. — Vergl. *M. Willeana*. Zw: im Frühlingsüberschwemmungsgebiet und in Gräben am See mehrmals größere Watten.

16. *M. Lauterborni* Schmidle? — Zellen 8—9 μ breit, 7—11 μ lang. — In den Sager Meeren einmal einige Watten, die mit der Artbeschreibung im wesentlichen übereinstimmen, aber nicht die spiraligen Windungen der Fäden zeigen.

17. *M. Loefgreni* (Nordst.) Lagerh. — Zellen 13—19 μ breit, 12—27 μ lang. Die var. *suecica* Wittr. fast überall mit dem Arttypus zusammen und meist häufiger als dieser, durch Übergänge mit ihm verbunden. — pH 4,5—7,5. Sa 3, auch in Torfstichen und Zuflußgräben häufig, sa 2—3, Wo 2, Bu +.

18. *M. pachyderma* (Wille) Lagerh. — Zellen 8—11 μ breit, 10—20 μ lang. — pH 4—7,5. Sa 3, auch in Torfstichen und Zuflußgräben häufig, sa 2, Ev 1—2, Pa 2—3, Wo +, Si 2, Bu 2, bu 1—2.

19. *M. quadrata* Hazen. — Sa: nur in Torfstichen. Bu: einige Male makroskopische Watten.

20. *M. rufescens* (Kütz.) Lagerh. — Ev: in einer Probe nicht selten.

21. *M. stagnorum* (Kütz.) Lagerh. — Zellen 7—9,5 μ breit, 8—22 μ lang. — pH 4—6(—7). Sa 1, in Torfstichen und sauren Zuflüssen sehr häufig, sa 1, Ev 1—2, Pa 1, Si 1, Bu und bu 1, in den Gräben der Umgebung 4—5.

22. *M. tumidula* Hazen. — pH 4—7. Zw 1, Sa 1—2, in Torfstichen und Zuflußgräben häufig, sa 1, Pa 1—2, Wo 1, bu 1.

23. *M. Willeana* Lagerh. — Wo keine Bildung von Akineten beobachtet wurde, diente die geringere Fadendicke als unterscheidendes Merkmal gegenüber *M. floccosa*. Da diese Maße sich aber überschneiden, so ist das Merkmal unsicher. — pH 4—7. Zw: Nur im Überschwemmungsgebiet einige unsichere Watten, Sa 2, etwas häufiger in der Umgebung, sa 1, Ev 2—3, Pa 2, Si 1—2, häufiger in der Umgebung.

24. *Stigeoclonium longipilum* Kütz.? — Hierher stelle ich mit Bedenken einige Watten mit büscheligen Verzweigungen, wie sie in der Süßwasser-

flora (Fig. 104) für *Stigeoclonium longipilum* abgebildet sind. — Zw 1, Sa: in einer Probe aus den sauren Zuflüssen ziemlich häufig.

25. *St. tenue* Kütz. — Ich habe den Eindruck, daß die Hauptmenge der in den hiesigen Seen vorkommenden Stigeoclonien einheitlich ist. Sie zeigen etwa den gleichen Habitus und haben alternierende und gegenständige Zweige, die ersteren vielleicht etwas häufiger. Die zweigtragenden Zellen sind im allgemeinen kürzer als die andern. Ich nenne die Art *Stigeoclonium tenue.* Daneben fand ich nur recht vereinzelt andere Formen. — pH 4,5—9. Zw 4, Sa 3, sa 2—3, Ev 2, Pa 2, Wo 3, Si 3.

26. *Draparnaldia acuta* (Ag.) Kütz. — Neben typischen Vertretern der drei genannten Arten dieser Gattung fand ich nicht selten auch Übergangsformen. — pH 6,1—6,8. sa: einmal vereinzelt, Ev: Mai 1939 an vielen Stellen herrschend.

27. *D. glomerata* (Vauch.) Ag. — pH 6,5—7,7. Sa 2, sa 1, Pa 1.

28. *D. plumosa* (Vauch.) Ag. — Vereinzelt mit so langen Büscheln gefunden, daß die Formen Übergänge zu Stigeoclonium darstellen könnten. — pH 7—9. Zw 2—3, Sa +, Pa 1.

29. *Chaetophora elegans* (Roth) Ag. — pH (4—)5—7. Im Wasser der Seen nicht gefunden, nur in Pfützen und Teichen unmittelbar am See und in den sauren Zuflußgräben der Sager Meere. Sa 2, sa 1, Ev 2, Pa 2.

30. *Gongrosira incrustans* Schmidle? Zellen und Lagerform typisch, aber nicht verkalkt. — Zw: auf einem Potamogetonblatt im Ausfluß des Sees.

31. *Microthamnium Kützingianum* Näg. — pH 4—6(—7). Sa 1, häufiger in Torfstichen, sa 1, Pa 2, Wo 1—2, Si 1—2, Bu 2, bu 1, häufiger in der Umgegend.

32. *M. strictissimum* Rabenh. — Stimmt in den ökologischen Ansprüchen mit der vorhergehenden Art anscheinend weitgehend überein, ist aber morphologisch meist sicher von ihr zu unterscheiden. — pH 4—6(—7). Zw + Sa 1, häufiger in Torfstichen, sa 1, Ev 1, Pa 2, Wo 1—2, Si 1—2, Bu 2, bu 1.

33. *Protoderma viride* Kütz. — pH 4,1—5,0. Bu: einmal häufig in Gräben neben dem See, bu 1—2.

34. *Chaetopeltis orbicularis* Berthold. — Neben ganz typischen Lagern, die meist der *fa. grandis* entsprechen, eine größere Zahl anderer, die keine Gallertborsten zeigen und zum Teil Hämatochrom speichern. Auf Phanerogamen, Moosen und an Pfählen, vereinzelt auch auf anderen Algen. — pH 4,5—6,7. Pa: von 2—3 auf 0 abnehmend, Wo: von 2 auf 0 abnehmend, Si 1.

35. *Dicranochaete reniformis* Hieronymus. — pH 4—6. sa 1 (auf Torfmoos), Wo 1—2, Bu 1.

36. *Chaetosphaeridium Pringsheimii* Klebahn fa. *conferta* Klebahn. — pH 5,4—7,7. Sa, 2, sa 1—2, Ev 1, Pa 1—2.

37. *Aphanochaete repens* Al. Br. — In der Regel auf *Oedogonium* (auch *Oe. undulatum*) oder *Cladophora*, daneben auf *Tribonema, Gonatozygon* und auf Fasern von zergangenem Schilf, nur einmal auf einem Blatt von *Fontinalis*. — pH 5,4—9. Zw 1—2, Sa 2, sa 1—2, Ev 1, Pa 2—3.

38. *Coleochaete divergens* Pringsh. — pH um 7. Sa: einmal auf Schilfstengeln häufig.

39. *C. orbicularis* Pringsh. — Die Thalli sind nicht kreisrund, sondern ihre Form entspricht genau den in der Süßwasserflora wiedergegebenen Bildern Pringsheims. Breite der Randzellen 9—13 μ. — pH um 6. sa 1, Pa 1—2, auf *Fontinalis* in mehreren Proben ziemlich häufig, fruchtend.

40. *C. scutata* Bréb. — Randzellen meist 17—25 μ breit, also etwas schmaler als der Diagnose entspricht. Neben borstentragenden Thalli häufiger auch solche ohne Borsten, die aber unverkennbar zur Art gehören. — pH 5,4—8. Zw 1, Sa 1, sa 1, Ev 1—2, Pa 2.

41 *C. soluta* Pringsh. — pH 6—7. Sa 1, sa +.

42. *Oedogonium cardiacum* Wittr. sec. Hirn. — pH 7—8. Zw 1.

43. *Oe. crispum* (Hassal) Wittr. Tafel 3, Fig. 1 fa. Vegetative Zellen 14—19 μ breit, 40—75 μ lang, Oogonien 38—48 μ breit, 40—61 μ lang, Oosporen 37—44 μ lang, 37—44 μ breit, das Oogonium ganz (oder fast ganz) ausfüllend. Antheridienzellen 14—16 μ breit, um 7 μ lang. Zu dieser Art zähle ich hier einen Formenkreis, den ich in einer Ansammlung fand, die einige wenige typische *crispum*-Fäden enthielt, daneben aber eine Menge Fäden von größerer Zellbreite, die den Maßen von *Oe. autumnale* und *Oe. rupestre* entsprachen, wobei aber für *autumnale* die Maße für Oogonien und Oosporen zu groß waren, während bei *rupestre* die Oogonien durch die Oosporen nicht ausgefüllt sein dürften. So waren in dem abgebildeten Faden die vegetativen Zellen 19 μ breit und um 50 μ lang, das Oogonium 48 μ breit und 61 μ lang, und die kugelige Oospore maß 44 μ. Die drei genannten Arten stellen wohl einen zusammengehörenden Formenkreis dar, der durch die bisherigen Artbeschreibungen nicht ausgeschöpft ist. — pH um 6,5. Ev: einmal in mehreren Proben ziemlich häufig.

44. *Oe. excisum* Wittr. u. Lundell sec. Hirn. — Sa: einmal im Verbindungsgraben zum Kleinen Meer vereinzelt.

45. *Oe. fennicum* Tiffany. — Vegetative Zellen 16—18 μ breit, 53—66 μ lang, Oogonien 43 μ breit, 53 μ lang, Oosporen kugelig, 35 μ dick, die Oogonien nicht ausfüllend. Die Art fand sich vereinzelt in einer größeren Watte von *Oe. intermedium*. Hier waren zwischen typischen *intermedium*-Fäden alle Übergänge zu *Oe. fennicum* vertreten, sowohl in den Maßen als auch in der Ausfüllung der Oogonien durch die Oospore. Die oben angegebenen Maße für *Oe. fennicum* sind die höchsten gefundenen. Sie entsprechen der Diagnose Tiffanys. Vielleicht wäre es aber richtiger, die Art nicht von *Oe. intermedium* abzutrennen. — pH um 6,5, Ev 1.

46. *Oe. intermedium* Wittr. sec. Hirn. — Vegetative Zellen 16—18 μ breit, 40—75 μ lang, Oogonien 35—40 μ breit, 40—51 μ lang, Oosporen 33—37 μ breit, 32—40 μ lang, das Oogonium ganz oder nicht ganz ausfüllend, Antheridienzellen 13—16 μ breit, 5—7 μ lang, fast epigyn oder hypogyn. — Die Maßzahlen reichen hinüber in die Maße für die vorige Art. — pH 6—7. Sa 2, Ev 2, Pa 1—2.

47. *Oe. Itzigsohnii* De Bary. — pH 4—5. bu 2—3.

48. *Oe. obesum* (Wittr.) Hirn. — Typisch. Vegetative Zellen 12—14 μ breit, 35—51 μ lang, Oogonien 40—41 μ breit, 39—42 μ lang, Oosporen 34—35 μ breit, 33—34 μ lang, die Oogonien ausfüllend. Antheridienzellen 11 μ breit, 5,5 μ lang. — pH um 6,5. Ev: einmal vereinzelt zwischen anderen fruchtenden *Oedogonium*-Arten.

49. *Oe undulatum* A. Br. sec. Hirn. — pH 6,5—7,5. Sa 2—3, sa 3, nicht in den sauren Zuflüssen dieser Meere. Pa: von 0 auf 2 zunehmend.

50. *Oe. varians* Wittr. sec. Hirn. — pH um 6. Pa: einmal in mehreren Proben nicht selten.

51. *Bulbochaete crassiuscula* Nordst. sec. Hirn. — pH um 6. Sa: einmal in mehreren Proben nicht selten.

52. *B. minor* Al. Br. var. *germanica* Hirn. — Vegetative Zellen 15—17 μ breit, 27—30 μ lang, Oogonien 30—31 μ breit, 51—53 μ lang, Fuß der Zwergmännchen 13—14 μ breit, 24 μ lang, Antheridien 8—9 μ breit, 5 μ lang. — pH 6,5. Ev: einmal in einer Probe ziemlich selten.

53. *B. mirabilis* Wittr. sec. Hirn. — pH 6,5. Ev: einmal in einer Probe nicht selten.

54. *B. nana* Wittr. sec. Hirn — Vegetative Zellen 13—15 μ breit, 14—16 μ lang, Oogonien 24 μ breit, 41—42 μ lang. Die Maße leiten hinüber zu *B. monile* und *B. basispora*, aber *B. nana* ist wohl am wahrscheinlichsten. — sa: einige Pflänzchen.

55. *B. polyandria* Cleve sec. Hirn. — In den Maßen mit der Art übereinstimmend. — pH 5,3—6,5. Ev: einmal in mehreren Proben fruchtend. Wo 2—3, zeitweise waren hier größere Teile des Schilfs mit dieser Alge besetzt.

56. *B. setigera* Ag. sec. Hirn. — pH 7—7,5. Sa: einmal in größerer Menge als Bewuchs von *Myriophyllum*.

57. *B. tenuis* Hirn. — Neben Pflänzchen, die typische *B. tenuis* darstellen, fanden sich häufiger solche, deren Maße hinüberleiten zu denen von *B. minor* (die auch bei Bremen vorkommt). Die beiden Arten sind nicht immer sicher voneinander zu unterscheiden. — pH um 7. Sa 1, sa 1.

58. *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. — Am Zwischenahner Meer die häufigste Alge des Uferbewuchses, vor allem vor dem Ort Zwischenahn jeden Sommer herrschend, an anderen Uferstellen unregelmäßiger. Auffällig ist, daß häufig verschiedene Wuchsformen der Art nebeneinander vorkommen. — pH 7—9. Zw 4—5.

59. *Cl. crispata* (Roth) Kütz. — Mit der vorigen Art zusammend vorkommend und manchmal schwer von ihr zu unterscheiden. — pH 7—9. Zw 4.

60. *Chaetomorpha herbipolensis* Lagerh. — Tafel 3, Abb. 3. Zellen 45 bis 90 μ dick, 70—200 μ lang, stets zylindrisch. Die Zellmembran ist deutlich längsgestreift. Die Fäden sind stets unverzweigt, auch ohne Rhizoide, festgehalten durch ein „Dermoid" aus ausgeschiedener Gallerte. Die erste Zelle des festgehefteten Fadens ist stets leer. — Beim Schwärmen schlüpfen die Schwärmer durch eine seitliche Öffnung der Zellwand aus. Jede Zelle bildet zahlreiche längliche, etwa birnförmige Schwärmer von 9—12 μ Breite und 16—25 μ Länge, mit farblosem Vorderende. Ziemlich weit vorne, aber noch am Chromatophor, liegt ein langgestrecktes Stigma. Geißeln nicht gesehen. Die Schwärmer keimen auch in der Zelle. — pH 7—9. Zw 2—3, auf Steinen zwischen Cladophora, in der Regel etwas tiefer als diese in etwa 10—20 cm Wassertiefe.

61. *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kütz. — Fäden stets unverzweigt. Mit Karminessigsäure ist die Zahl der Zellkerne gut festzustellen, es sind immer nur wenige in der Zelle. — pH 7—9. Zw 2, meist freischwimmend an windgeschützten Stellen hinter dem Schilf, auch in Kolken dicht am See.

Charophyta

1. *Nitella flexilis* Ag. — Pa 1, Si 1.

2. *Chara fragilis* Desvaux. — Zw: Am Südwestufer einige angetriebene Exemplare gefunden. Einige Kolke am See waren dicht mit der Alge besetzt.

Zygnemales

1. *Mougeotia calospora* (Palla) Czurda (= *Mesogerron fluitans* Brand). — pH 5—6,8. sa +, Ev 1—2, Pa 1.

2. *M. nummuloides* (Hassall) De Toni. — Vegetative Zellen 9 μ breit, um 75 μ lang. Zygoten 24×24 μ, 23×21 μ, mit braunem, grubigem Mesospor. Die Gruben nur undeutlich gesehen, da die Zygoten nicht ganz ausgereift waren. — pH 5,5—6,9. Sa 1, in den Zuflüssen einmal größere Watten. sa: zu gleicher Zeit wie in den Zuflüssen des Großen Meeres größere Watten.

3. *M. parvula* Hassall. — Vegetative Zellen 9—10 μ breit, 39—64 μ lang, Zygoten 22×22 μ, glatt. — pH 4,5—6,5. Pa 2, Bu +.

4. *M. punctata* Wittr.? — Nur die Zygoten gesehen, die der Beschreibung der Süßwasserflora gut entsprechen. — Sa: einmal häufig in einem Zuflußgraben.

5. *M. scalaris* Hassall. — Typisch. sa +.

Mougeotia ist die häufigste Gattung der Zygnemalen und vielleicht aller Algen in unseren Seen. Sie ist in allen Seen häufig, am wenigsten vielleicht noch im Zwischenahner Meer. Ihr Hauptvorkommen ist aber — im Gegensatz zu dem von *Spirogyra* — nicht so sehr in eigenen Watten, son-

dern mehr in zahllosen Einzelfäden zwischen anderen Algen und an höheren Pflanzen, vor allem auch zwischen Torfmoos. Die wenigen bestimmbaren Arten geben kein Bild von dem gewissermaßen allgegenwärtigen Vorkommen der Gattung.

6. *Spirogyra austriaca* Czurda. — Vegetative Zellen 14—16 μ breit, mit einem Chloroplasten. Aufnehmende Zellen um etwa 170 % angeschwollen. Zygoten 24—27×53—56 μ. Nur leiterförmige Kopulation gesehen. — pH 6,1—6,6. Pa: einmal ziemlich häufig.

7. *Sp. fluviatilis* Hilse. — Nur im vegetativen Zustande gesehen. Zellen 27—32 μ dick, mit ebenen Querwänden und mehreren Chromatophoren. — pH 7—9. Zw: Oktober 1949 in größeren Mengen mit den typischen Rhizoiden an Schilfhalmen festgeheftet.

8. *Sp. gracilis* (Kütz.) Czurda. — Eine vegetative Zelle 21×70 μ, eine aufnehmende Zelle 37×56 μ, die Zygote darin 26×47 μ. — pH um 6. Pa: einmal in einer überschwemmten Kuhtränke zusammen mit eutraphenten Algen nicht selten.

9. *Sp. inflata* (Vaucher) Kütz. (= *Sp. Spreeiana* Rabenh.) — Vegetative Zellen 16—20×85—166 μ, aufnehmende Zellen 32—36×85—143 μ, Zygosporen 29—30×65—83 μ. Nur seitliche Kopulation gesehen.

10. *Sp. mirabilis* (Hassall) Kütz. — Die Parthenosporenbildung entspricht Fig. 138c der Süßwasserflora. Die Zellen haben ebene Querwände und einen Chromatophor. Sie messen 24—26×180—235 μ. Eine Parthenospore mißt 52×30 μ bei einer Zellänge von 163 μ und einer Breite von 26 μ (an den angeschwollenen Teilen 36 μ). Die Zellen mit den Parthenosporen sind manchmal kaum oder gar nicht angeschwollen. — pH um 6—6,5. Pa: in einer Probe nicht selten.

11. *Sp. setiformis* (Roth) Kütz. — Zw: einmal im Afluß einige Watten.

12. *Zygogonium ericetorum* Kütz. — An zeitweise überschwemmten Stellen des Everser Sees, Pastorensees, Wollingster Sees und Großen Bullensees in verschiedener Häufigkeit. Neben Formen, die etwa den Abbildungen Skujas (1932, S. 139) entsprechen, finden sich an den genannten Stellen auch andere von sehr verschiedener Zellbreite und unterschiedlicher Gestalt der Chromatophoren, aber alle mit ähnlicher Färbung des Zellsaftes.

Zygnema wurde nicht in fruchtendem Zustande gefunden. Sie kommt nur im Pastorensee und im Kleinen Sager Meer in Mengen vor, die mit denen von *Spirogyra* oder *Mougeotia* vergleichbar sind.

Desmidiales

1. *Spirotaenia condensata* Bréb. — L. 117—275 μ, Br. 19—27 μ. — pH 5,0 bis 6,5(—7). Sa 1, sa 1, Ev 1, Pa 2—3, Wo: von 0 auf 2 zunehmend.

2. *Mesotaenium chlamydosporum* De Bary. — L. 17—30 μ, Br. 10—12 μ. — pH 6,1—6,8. sa: ein etwa ½ qm großes Lager auf einem Baumstumpf dicht über dem Wasserspiegel des Sees seit mehreren Jahren beobachtet.

— var. *violascens* (De Bary) Krieger. — L. 22—31 μ, Br. 13—15 μ. — pH 6,0—6,5. Ev: ein kleineres makroskopisches Lager auf einem Birkenstamm dicht über dem Wasserspiegel des Sees, seit 1939 an der gleichen Stelle beobachtet.

3. *M. Endlicherianum* Näg. — L. 19—40 μ, Br. 9,5 μ. — Bu 1.

4. *M. macrococcum* (Kütz.) Roy u. Bisset. — L. 26—34 μ, Br. 13—16 μ. — pH 4,0—5,5. Wo: einmal in einer Pfütze am See nicht selten, mit typischen Zygoten. bu 1.

— var. *micrococcum* (Kütz.) W. u. W. — L. 24—26 μ, Br. 13,5—14 μ. Zellenden abgerundet. Si: in einer Torfmoosprobe nicht selten.

5. *Roya obtusa* (Bréb.) W. u. W. — L. 93 μ, Br. 7,5 μ. — Pa: einmal eine Zelle.

6. *Cylindrocystis Brébissonii* Menegh. — L. 43—67 μ, Br. 15—24 μ. In einigen Proben waren neben Zellen mit den typischen sternförmigen Chromatophoren solche mit allen Übergängen bis zu ausgesprochen plattenförmigen Chromatophoren. — pH 4—6,5(—8). Zw 1, Sa 2, häufiger in Torfstichen am See, sa 2, Ev 2, Pa 3—4, Wo 3—4, Si 3, Bu 3, bu 2, häufiger in Gräben und als Luftalge über dem Wasserspiegel.

7. *C. crassa* De Bary. Tafel 3, Abb. 5a—c. — In einer Probe des Silbersees nicht selten mit allen Übergängen zur var. *elliptica* (Abb. b—c) und dieser selbst. L. 24—39 μ, Br. 20—21 μ. Bu 1, hier der Arttypus, L. 40 bis 58 μ, Br. 24—28 μ.

8. *Netrium Digitus* (Ehrenb.) Itzigs. u. Rothe. — L. 103—239 μ, Br. 33 bis 51 μ. — pH 4—7,5. Sa 2—3, auch in den sauren Zuflußgräben häufiger, sa 2, Ev 2—3, Pa 3, Wo 2—3, Si 2, Bu 1.

9. *N. interruptum* (Bréb.) Lütkem. — pH 6,5—7,7. Sa 1—2, sa 1.

— var. *minus* (Borge) Krieger. — L. 84 μ, Br. 17,5 μ. Pa +.

10. *Penium spinospermum* Joshua? L. 27—29 μ, Br. 13—16 μ. Die vegetativen Zellen stimmen mit den Bildern im Rabenhorst überein, doch keine Zygote gesehen. — Sa 1, bu +.

11. *P. spirostriolatum* Barker. — L. 112—201 μ, Br. 20—25 μ. — pH (4—)4,5—6,7(—7,3). Sa 1, sa 1, Pa 2, Wo 1—2, bu 1.

12. *Closterium abruptum* W. West. — L. (115—)144—246 μ, Br. 15—21 μ. Oft ohne Gürtelband. — pH 4,5—4,9(—6). Pa 1, Wo 2.

13. *Cl. acerosum* (Schrank) Ehrenb. — L. 254—440 μ, Br. 23—39 μ. — pH 7—9. Zw 2—3.

— var. *elongatum* Bréb. — L. 450—520 μ, Br. 30—33 μ. Pa: in einer Kuhtränke nicht selten.

14. *Cl. aciculare* T. West. — L. 420—655 μ, Br. 5,3—5,8 μ. — pH 7,0 bis 9,0. Zw 2—3.

15. *Cl. acutum* Bréb. — L. 64—147(—203) μ, Br. 3—7 μ. Die Größenschwankungen sind also stärker, als Krieger angibt. — pH 5,4—7,5. Sa 1 bis 2, sa 1—2, Pa 1—2.

— var. *linea* (Perty) W. u. W. — L. 123—125 μ, Br. 3—3,5 μ. — Pa 1.

16. *Cl. angustatum* Kütz. — L. 360 μ, Br. 23 (Enden 13) μ. Meist 4 Längsrippen. Sa 1, auch zwischen Torfmoos, sa +.

— var. *pseudobörgesenii* n. var. Tafel 3, Abb. 10a—b. *A typo differt costis plusminusve aequis distantiis dilatatis ac simul elevatis. Long. 450 bis 470 μ, lat. 22—23 μ, apices 13—17 μ.*

Die Varietät unterscheidet sich von var. *Börgesenii* Gutw. dadurch, daß die Rippen nicht gewellt sind, sondern in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen verdickte und zugleich erhöhte Teile aufweisen. Die Rippen können auch bei der Varietät schwach spiralig verlaufen. — Sa 1.

17. *Cl. Archerianum* Cleve. — L. 226—266(—330) μ, Br. 21—28 μ, Enden 3—6 μ. 4—10 Streifen in 10 μ. Meist ohne Gürtelbänder. In den Endvakuolen ein Gipskristall. — pH 5,4—6,5. Sa und sa: von + auf 1—2 zunehmend, Ev 1, Pa 2.

18. *Cl. attenuatum* Ehrenb. Tafel 3, Abb. 8. — L. 410—500(—650) μ, Br. 35—44 μ, Enden 5,3—8 μ. Zygote 73 μ. Die Zygote ist mit einer dünnen Gallerthülle umgeben. — pH 5,4—6,5(—7,3). Sa 1, sa +, Ev +, Pa 2.

19. *Cl. Baillyanum* Bréb. — L. (240—)300—424 μ, Br. 29—40 μ, Enden 13 bis 16 μ. — pH 5,4—7. Sa 1, sa: von 0 auf 2 zunehmend, Pa: von 2 auf 0 abnehmend.

20. *Cl. calosporum* Wittr. — L. um 100—110 μ, Br. um 10—11 μ. Eine typische Zygote aus dem Kleinen Sager Meer maß 29×26 μ. Vegetative Zellen sind mit kleinen Exemplaren von *Cl. Dianae* zu verwechseln, aber auch mit Zellen von *Cl. parvulum,* da die Ausbildung des Endsporus schwankend ist. — pH um 7. sa 1. Vielleicht auch in den Seen, für die die beiden andern genannten Arten angegeben sind.

21 *Cl. cornu* Ehrenb. — L. 85—163 μ, Br. 4,5—7 μ, Enden 2,5—3 μ. — Sa 1.

22. *Cl. costatum* Corda. — L. 306—400 μ, Br. 37—43 μ, Enden 9—13 μ. Mit und ohne Gürtelband. — pH 4,7—7,5. Sa 2, häufiger in den sauren Zuflüssen und im Torfmoos, sa 1, Ev 2, Pa 2—3, Wo: von + auf 2 zunehmend, Si: von 0 auf 2 zunehmend.

— var. *Westii* Cushman. — L. 415—450 μ, Br. 37—39 μ, also noch schlanker als die Form Cushmans. Mit 5—6 Längsrippen, mit Gürtelband. — Pa 1.

23. *Cl. Cynthia* De Notaris. — L. 75—165 μ, Br. 11—14 μ. Immer in sehr typischer Form. Die Streifung ist sehr verschieden stark ausgebildet. — pH 4,7—7,7. Sa 2—3, sa 2, auch im Torfmoos, Ev 1—2, Pa 2—3, Wo 1, Si 1—2.

— var. *Jenneri* (Ralfs) Krieger. — L. 51 μ, Br. 7 μ. Membran farblos, gestreift, Gürtelbänder nicht gesehen. — Si +.

— var. *robustum* (S. G. West) Krieger. — L. 52—86 μ, Br. 9—15 μ. Enden breiter abgerundet als beim Typus. Stets mit einem Gipskristall in den Endvakuolen. Streifung vorhanden oder fehlend. — pH 5,0—6,9, Sa 1, sa 1, Pa +, Wo 1, Si +.

24. *Cl. decorum* Bréb. Tafel 3, Abb. 6a—b. — L. 545 μ, Br. 37 μ, Enden 7 μ. 15 Streifen über die Zellbreite. Die Zellform entspricht *Cl. Ralfsii* var. *hybridum*, zu der Krieger die Art Brébissons ziehen will, aber die Zahl der Streifen ist wesentlich geringer als bei dieser (um 4 in 10 μ statt 9—10) und entspricht gut der Beschreibung von *Cl. decorum* im West. — Sa 1.

25. *Cl. Dianae* Ehrenb. — L. 150—320 μ, Br. 16—29 μ. — pH 5,0—7,5. Sa 2, sa 2, Ev 2—3, Pa 2—3, Wo: von 0 auf 3 zunehmend, Si 1?.

— var. *arcuatum* (Bréb.) Rabenh. — Ev 1.

— var. *minus* (Wille) Schröder. — L. 94—147 μ, Br. 9,5—17 μ. Endporus manchmal undeutlich. Die kleineren Individuen im vegetativen Zustande nicht von *Cl. calosporum* zu unterscheiden und manchmal auch nicht von *parvulum*. Mit dem Arttypus durch eine gleitende Reihe von Übergängen verbunden und stets mit ihm zusammen vorkommend. — pH 5,0 bis 7,5. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 2, Pa 2—3, Wo 2.

— var. *pseudodianae* (Roy) Krieger. — L. 315 μ, Br. 26 μ, also reichlich dick. — Sa 1.

26. *Cl. eboracense* (Ehrenb.) Turn. — L. 170—180 μ, Br. 43—45 μ. Stets zusammen mit *Cl. moniliferum*. — pH 6—6,9. Sa 1, sa +, Ev +, Pa 1.

27. *Cl. Ehrenbergii* Menegh. — L. 310—390 μ, Br. 45—70 μ. — pH 5,4 bis 7. Sa 1, Ev 1, Pa 2.

— var. *Malinvernianum* (De Not.) Rabenh. — An den gleichen Stellen wie der Arttypus. — pH 5,4—7,3. Zw +, Sa 2, sa 1, Ev 1—2, Pa +.

28. *Cl. gracile* Bréb. — L. 182—300 μ, Br. 8—9 μ, Enden 4 μ. — pH 5,4 bis 7. Sa 1, sa 1, Pa 2.

29. *Cl. idiosporum* W. u. W. — L. 221—293 μ, Br. 9,5—10,5 μ, Enden 2,5—3,0 μ. — pH 4—4,5. Sa: in sauren Zuflußgräben vereinzelt, in einem Torfstich einmal makroskopische Lager bildend.

30. *Cl. intermedium* Ralfs. — L. 165—460 μ, Br. 11,5—29 μ, Enden 6 bis 13 μ. Die breiteren Formen gehen allmählich in das verwandte *Cl. striolatum* über. Neben dem Typus auch vereinzelt die var. *hibernicum*. — pH 4—7,5. Sa 2, sa 2, Pa 2, Wo 2—3, Si 2, Bu 2—3.

— fa. Im Silbersee fand sich neben der typischen Form eine kleinere, die an *Cl. abruptum* erinnert, bei der man aber an einigen Exemplaren die für *intermedium* typische Streifung erkennen konnte. Sie war nicht durch Übergänge mit dem Arttypus verbunden. — Si 2—3.

31. *Cl. juncidum* Ralfs var. *elongatum* Roy u. Bisset. — L. 310—430 μ, Br. 9—13 μ, Enden 5,3 μ. — pH 6,5—7,5. Sa: von 2 auf 0 abnehmend, sa: von 1 auf 0 abnehmend.

32. *Cl. Kützingii* Bréb. — L. 340—500 μ, Br. 17—24 μ. Nicht immer sicher von *Cl. rostratum* zu unterscheiden. — pH 5,4—7,5. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 2—3, Pa 2, Wo +.

33. *Cl. lanceolatum* Kütz. — sa: mehrmals eine recht große Form von 490—620 μ Länge und 80—95 μ Breite, Pa: einmal an verschmutzter Stelle die typische Form (320×38 μ) recht häufig.

34. *Cl. Leibleinii* Kütz.? — L. 101—120 μ, Br. 16 μ. Die Enden sind stärker abgerundet als bei den Figuren im West und entsprechen etwa den Abbildungen bei Krieger. — Zw 1, Ev 1, Pa 1.

35. *Cl. libellula* Focke. — L. um 200—300 μ, Br. 40—53 μ. Ich habe die Art — im Gegensatz zu den Literaturangaben — nicht zwischen Torfmoos gefunden und auch nicht in den sauersten Seen. — pH 5,5—7,7. Sa 2, sa 2, Pa 1, Wo +.

— var. *intermedium* (Roy u. Bisset) G. S. West. — L. 74 bis um 170 μ, Br. 15 bis um 30 μ. Vorkommen wie der Typus. — pH 5,4—7,5. Sa 2, wie auch der Typus nicht in den sauren Zuflüssen. Sa 2, Ev 1, Pa 2—3, Wo +.

— var. *interruptum* (W. u. W.) Donat. — Sa 1, sa 1, Pa +.

36. *Cl. lineatum* Ehrenb. — L. 330—720 μ, Br. 15—27 μ, Enden um 8 μ. 16—26mal so lang wie breit. Enden schräg abgestutzt, nicht immer mit Endporus. — Zw: eine Zelle, Sa 1—2, auch zwischen Torfmoos, sa 1, Ev 1, Pa 1, Si und Bu: je eine Zelle.

— var. *gracile* n. var. Tafel 3, Abb. 7a—b. — *A typo differt cellulis gracilioribus. 31—46 plo longioribus quam latis. Long. 540—770 μ, lat. 13 bis 17 μ, apices 5—7 μ.*

Die Varietät ist also viel schlanker als der Typus. Die Zellen haben um 10 Längsstreifen in 10 μ. Die Enden sind schräg abgestutzt, mit Endporus. Um 10—14 Pyrenoide sind in jedem Chromatophor. — Sa: im Plankton einmal nicht selten, zwischen Watten mehrfach einzelne Zellen. Auch in den Truper Blänken (1939) gefunden.

37. *C. lunula* (Müll.) Nitsch. — L. 440—640 μ, Br. 80—110 μ. — pH 4,5 bis 7,7. Sa 2, auch zwischen Torfmoos und häufiger in den sauren Zuflüssen, sa 2, Ev 1, Pa 3, Wo 2.

38. *Cl. malinvernianiforme* Grönbl. — L. 220—272 μ, Br. 41—48 μ. 8 bis 10 Streifen in 10 μ. — pH 6—8. Zw 1, Ev 1, Pa 1.

39. *Cl. moniliferum* (Bory) Ehrenb. — L. 188—400 μ, Br. 37—62 μ. — pH (5—)5,4—9. Zw 3, Sa 2, sa 1—2, Ev 2—3, Pa 3, Wo 1, Si 1.

40. *Cl. navicula* (Bréb.) Lütkem. — L. 39—66 μ, Br. 13—17,5 μ. — pH (4,2—)5,4—7,5. Sa 2—3, sa 2, Ev +, Pa 2, Si 1—2.

41. *Cl. nematodes* Joshua var. *proboscideum* Turn. — L. 310—320 μ, Br. 27—29 μ. — pH 4,7—6,9. sa 1—2, Ev +, Pa 1, Wo +, Si 2.

42. *Cl. parvulum* Näg. — L. 91—160 μ, Br. 10—24 μ. — pH 4,5—9. Zw 2, Sa 2, im Torfmoos und in sauren Zuflußgräben 1, sa 2, Ev 2—3, Pa 2—3, Wo 2, Bu +.

— var. *angustum* W. u. W. — L. 144 μ, Br. 9 μ. — Sa +.

— var. *majus* West? — L. 126—160 μ, Br. 19—24 μ, also reichlich kurz für die Form. — Pa 1—2.

43. *Cl. polystictum* Nygard var. *brevius* n. var. Tafel 3, Abb. 9a—b. — *A typo differt cellulis brevioribus. Long. 230—410 μ, lat. (8—)10 bis 10,5(—12) μ.*

20—41mal so lang wie breit. In den Endvakuolen 1 Gipskristall, selten 2. 5—12 Pyrenoide im Chromatophor. Die Breite der Zellen ist fast immer zwischen 10 und 10,5 μ. Sehr kennzeichnend sind die kegelförmig zugespitzten Enden. Ein Endporus ist nicht vorhanden. — Die Varietät steht in der Länge etwa in der Mitte zwischen dem Arttypus und der var. *Nordstedtii* Chod. Sie ist im allgemeinen länger als die letztere und unterscheidet sich weiter von ihr durch die abgebogenen Enden, die auch Skuja (1948, S. 154) als Unterscheidungsmerkmal zwischen dem Arttypus und der var. *Nordstedtii* annimmt. Skujas Bild (Tafel 18, Abb. 1—3) stimmt darin sehr gut mit unsern Formen überein. Vielleicht sind alle bisher gefundenen Formen noch durch weitere Übergänge miteinander verbunden und würden besser vereinigt. Bis zur Feststellung weiterer Zusammenhänge ist es aber besser, die einzelnen Formen getrennt zu benennen. — pH 7—9. Zw 1—2, im Plankton.

44. *Cl. praelongum* Bréb. — L. 450—500 μ, Br. 13 μ. Pa: in einer Kuhtränke ziemlich häufig.

— var. *brevius* Nordst. — L. 197—230 μ, Br. 14—16 μ. Pa: zusammen mit dem Arttypus, ziemlich selten.

45. *Cl. Pritchardianum* Archer. — L. 430—550 μ, Br. 30—40 μ. — Zw 1, Sa 1, Pa +.

46. *Cl. pronum* Bréb. — L. 155—490 μ, Br. 5—10 μ. Die Art hat eine überraschende Variationsbreite in der Größe wie in der Anpassung an die verschiedensten Gewässer. Sie bevorzugt aber sicher die sauren Habitate. In unseren Seen meist in der kürzeren Form vorhanden (fa. *brevius* West), doch auch in der langen, und beide werden in allen Seen gefunden. — pH 4—6,0(—8). Zw 1, Sa 1, sa 1, Ev 1, Pa 2, Wo 2, Si 1—2, Bu 2, bu 2.

47. *Cl. pusillum* Hantzsch. — L. 55—56 μ, Br. 8—8,5 μ, Enden 4—5 μ. — pH um 6. Pa 1.

— var. *monolithum* Wittr. — L. 33—48 μ, Br. 8—8,3 μ, Enden 4 μ. — Pa 1, zusammen mit der Art, mit Übergängen zum Arttypus.

48. *Cl. Ralfsii* Bréb. var. *hybridum* Rabenh. — L. 350—625 μ, Br. 26 bis 38 μ, Enden 5—8 μ. 8—10 Streifen in 10 μ. — pH 5,4—7,5. Sa 1—2, auch im Torfmoos und in sauren Zuflußgräben, sa 1, Ev 1, Pa 1.

49. *Cl. regulare* Bréb. — L. 270—370 μ, Br. 22—33 μ, Enden 7—9 μ. 4—5 Rippen in 10 μ. — pH 5—6,5. Ev 1, Pa 1, Wo 1.

50. *Cl. rostratum* Ehrenb. — L. 270—450(—675) μ, Br. 22—33 μ, Enden 3—5,4 μ. 7—10 Streifen in 10 μ. — Nicht immer leicht von *Cl. Ralfsii* var. *hybridum* zu unterscheiden, das verschiedentlich mit der Art zusammen vorkommt und von ihr in den Grenzfällen nur durch die dickeren Enden verschieden ist. — pH 5—6,9. Sa 1, häufig in den sauren Zuflüssen, sa +, Ev 2—3, hier vor allem vor der Mündung eines stark eisenhaltigen Zuflußgrabens, an dieser Stelle auch typische Zygoten gefunden. Pa 1, Wo 1—2.

51. *Cl. setaceum* Ehrenb. — L. 310—385 μ, Br. 10—11 μ, Enden 1,5 μ. — pH 4,2—6(—7). Sa: von + auf 2 zunehmend, nicht in den sauren Zuflußgräben und nur ganz vereinzelt im Torfmoos. sa 1, Pa 2, Wo 2, Si 3.

52. *Cl. strigosum* Bréb. var. *elegans* (G. S. West) Krieger. — L. 180 bis 272 μ, Br. 12—13 μ. Zw 1, in einem Zufluß.

53. *Cl. striolatum* Ehrenb. — L. 255—400 μ, Br. 26—45 μ, Enden 12 bis 13,5 μ. Um 6—8 Streifen in 10 μ. Häufig Übergänge zu *Cl. intermedium*. — pH 4,0—7,5. Zw +, Sa 2, auch in sauren Zuflüssen und im Torfmoos, sa 2, Ev 2, Pa 2, Wo 2—3, Si 1, Bu 3, hier in den *Drepanocladus*-Wiesen der Tiefe herrschend, bu 0.

54. *Cl. subulatum* (Kütz.) Bréb.? — L. 143 μ, Br. 10 μ. — Sa: in der Mündung eines sauren Zuflusses einige etwas unsichere Exemplare.

55. *Cl. ulna* Focke. — L. 235—385 μ, Br. 17—21 μ, Enden 8—11 μ. — pH 4,2—6,5. Sa: einmal in einem Torfstich häufig, Pa +, Wo 1, Si 1, Bu +.

56. *Cl. venus* Kütz. — L. 48—80 μ, Br. 7,5—10 μ. — pH 4,2—7,5. Sa 2—3, sa 2, Ev 3, Pa 3, Wo: von 0 auf 2—3 zunehmend, Si: von 0 auf 2—3 zunehmend.

— var. *incurvum* (Bréb.) Krieger. — L. 48—67 μ, Br. 8—11 μ. — pH 6,1 bis 7,5, meidet also die sauren Gewässer mehr als der Arttypus. Sa 2, nicht in den sauren Zuflüssen und im Torfmoos, sa 1.

57. *Pleurotaenium Ehrenbergii* (Bréb.) De Bary. — L. 340—425 μ, Br. 21 bis 27 μ. — pH 5,0—7,5. Sa 2, in Torfmoos und sauren Zuflüssen selten, sa 2, Ev: eine Zelle, Pa 3, Wo: von 0 auf 2—3 zunehmend, Si +.

58. *Pl. trabecula* (Ehrenb.) Näg. — L. 310—480 μ, Br. 25—37 μ. — pH 5,4 bis 7,3. Mit engerem pH-Bereich als die vorhergehende Art. Zw: eine Zelle, Sa: von 0 auf 2 zunehmend, nicht in Torfmoos und sauren Zuflüssen, sa 1 bis 2, Ev 2, Pa 2, Wo +.

— var. *crassum* Wittr. — L. 270—460 μ, Br. 30—59 μ. — Ev +, Pa 1.

— var. *hirsutum* (Ball.) Krieger. — L. 412 μ, Br. 32 μ, Pa: eine Zelle.

59. *Tetmemorus Brébissonii* (Menegh.) Ralfs. — L. 98—205 μ, Br. 21 bis 39 μ. — pH 4,0—5(—7). Sa 1—2, häufiger im Torfmoos, nicht aber in den sauren Zuflüssen, sa 1, Ev +, Pa 1, Wo +, Si 2, Bu 0, bu 3. Die Art neigt zu halbatmophytischer Lebensweise.

60. *T. granulatus* (Bréb.) Ralfs. — L. 131—224 μ, Br. 30—49 μ. — pH (4—)5,4—7. Sa 1, auch im Torfmoos, nicht aber in den sauren Zuflußgräben, sa 1, Ev 1—2, Pa 2, bu +.

61. *T. laevis* (Kütz.) Ralfs. — L. 61—133 μ, Br. 20—32 μ. — pH 4,0 bis 6,5(—7). Sa 1, sa 1, Ev 1, Pa 2, Wo 2—3, Si 2—3, Bu 2—3, bu 2.

— var. *minutus* (De Bary) Krieger. — L. 53 μ, Br. 19 μ. Bu: bei einem Besuch nicht selten.

62. *Euastrum ansatum* Ehrenb. — L. 79—93 μ, Br. 37—49 μ, Isthmus 10 bis 12 μ, Dicke um 30 μ. Die Poren der Zellwand sind an den Enden nicht immer in deutlichen Reihen angeordnet. — Neben dem Typus meist auch die var. *dideltiformis* Ducellier, die aber allmählich in den Typus übergeht. — pH (4,5—)5—7,5. Sa 2, auch in Torfmoos und sauren Zuflußgräben, sa 1 bis 2, Pa 2, Wo 2—3, Si 1.

63. *Eu. bidentatum* Näg. var. *speciosum* (Boldt) Schmidle. Rabenhorst, Bd. 13, Tafel 85, Fig. 6. — L. 48—51 μ, Br. 33—37 (Isthm. 7—9) μ. — Ich bin nicht sicher, ob neben der Varietät auch der Arttypus vorkommt. — pH 6,0—7,5. Sa 2—3, auch im Torfmoos, in den sauren Zuflußgräben selten, sa 1—2.

64. *Eu. binale* (Turp.) Ehrenb. — pH 4,0—7. Sa 1, sa 1, Pa 1—2, Wo 1, Bu 1, bu 1.

— var. *Gutwinskii* Schmidle. — L. 21—27 μ, Br. 16—19 μ (Isthm. 5—5,5 μ). Nicht immer von var. *sectum* zu trennen, da die Lappen einer Zelle nicht immer gleich entwickelt sind. — pH wie der Arttypus. Sa 1—2, sa 1—2, Wo: von 2 auf 1 abnehmend, Si 2, Bu 1, bu 2.

— var. *hians* W. West. Kryptogamenflora Bd. 13, Tafel 75, Fig. 16. — L. 11—14 μ, Br. 10—13 (Isthm. 2,7—4) μ. — Sa 1, sa 1.

— var. *papilliferum* Gutw. — L. 18 μ, Br. 16 (Isthm. 5) μ. — Wo +.

— var. *sectum* Turn. — L. 21—28 μ, Br. 16—20 (Isthm. 4,5—5,5) μ. Siehe var. *Gutwinskii*. — pH 4,0—5,0(—7). Sa 1, sa 1, Pa 1—2, Wo: von 2 auf 1 abnehmend, Si 1—2, Bu 3, bu 2—3.

65. *Eu. denticulatum* (Kirchn.) Gay. — L. 19—23 μ, Br. 17—19 (Isthm. um 6) μ. — pH 5,4—7,5. Sa 3, nicht im Torfmoos und in den sauren Zuflußgräben, sa 2—3, Pa 1—2.

66. *Eu. didelta* Ralfs fa. Taf. 4, Abb. 1. — L. 125—136 μ, Br. 67—77 (Isthm. 16—19) μ. Durch den stärker ausgebildeten oberen Seitenlappen nähert sich die Art *Eu. humerosum* var. *parallelum*. Von dieser Form ist die unsere in der Hauptansicht nur dadurch unterschieden, daß die oberen Anschwellungen des Mittelfeldes weiter nach innen liegen, und daß der untere Seitenlappen nicht zweiteilig ist. Bei einzelnen Zellen wurden allerdings auch hier Andeutungen einer oberen Ausbeulung gefunden. Da aber auch die Seitenansicht der Zellen mehr den Bildern von *Eu. didelta* entspricht (Kryptogamenflora Bd. 13, Tafel 67, Fig. 2), so müssen wir die Form hierher stellen. — pH 5,5—7,7. Sa 1—2, sa 1—2.

67. *Eu. elegans* (Bréb.) Kütz. — L. 25—30 μ, Br. 18—22 (Isthm. 4—7,5) μ. — pH 5,3—7,5. Nur vor dem Kriege gefunden. Sa 2, nicht in sauren Zuflüssen, ganz vereinzelt im Torfmoos, sa +, Pa 2—3.

68. *Eu. humerosum* Ralfs var. *parallelum* Krieger. Tafel 4, Abb. 2. — L. 133—140 μ, Br. 72—80 (Isthm. 16—19) μ. — pH 4,5—6,5. Pa 2. Wo: von 2 auf + abnehmend.

69. *Eu. insulare* (Wittr.) Roy. — L. 18—24,5 μ, Br. 13—19 (Isthm. 4—4,5) μ. Sa 1, häufiger in den sauren Zuflußgräben, selten im Torfmoos, sa +, Pa 1.

70. *Eu. oblongum* (Grev.) Ralfs. — L. 143—176 μ, Br. 75—96 (Isthm. 20—24) μ. — pH 5,4—7,5. Sa 1—2, auch in den sauren Zuflüssen und im Torfmoos, sa 1, Ev 1—2, Pa 1—2.

71. *Eu. pectinatum* Bréb. — L. 70 μ, Br. 48 (Isthm. 11) μ. Entspricht gut den Abbildungen bei Krieger. — pH 5,5—7,5. Sa 2, nicht in der sauren Umgebung, sa +.

— var. *inevolutum* W. u. W. — L. 56 μ, Br. 37 (Isthm. 8) μ. Neben Zellen, die gut der Varietät entsprechen, finden sich solche, deren Lappen der var. *brachylobum* zuneigen. — Stets zusammen mit dem Arttypus und etwa in gleicher Häufigkeit.

72. *Eu. sublobatum* Bréb. var. *dissimile* (Nordst.) W. u. W. fa. — L. 24—26 μ, Br. 20—21 (Isthm. 12) μ, Dicke 13 μ. Unterscheidet sich von der Varietät dadurch, daß die größte Breite der Halbzelle nicht an ihrer Basis, sondern in der Nähe des Scheitels ist. — Si: in einer Torfmoosprobe einige Zellen.

73. *Micrasterias apiculata* (Ehrenb.) Menegh. L. 244 μ, Br. 214 (Isthm. 32) μ. — pH um 6,5. Ev 1.

74. *M. denticulata* Bréb. var. *angulosa* (Hantzsch) W. u. W. — L. 244—259 μ, Br. 184—197 (Isthm. 29—32) μ. — pH 6—7. Sa +, sa 1, Ev +.

75. *M. fimbriata* Ralfs. — L. 216 μ, Br. 200 (Isthm. 29) μ. — pH 6,5—7,5. Sa: von 2 auf 0 abnehmend. Nicht in der sauren Umgebung.

76. *M. papillifera* Bréb. — L. 126—155 μ, Br. 110—139 (Isthm. 18—19) μ. — pH 5,4—6,7. sa +, Pa 2.

— var. *glabra* Nordst. — L. 142 μ, Br. 130 μ. — Pa 1.

77. *M. rotata* (Grev.) Ralfs. — L. 270—290 μ, Br. 240—260 (Isthm. 35) μ. — pH 4,5—7,5. Sa 1—2, häufiger in den sauren Zuflüssen, sa 1, Ev 1, Pa 3, Wo 1, Si +.

— var. *evoluta* Turner. — Pa 1.

78. *M. Thomasiana* Archer. L. 221 μ, Br. 190 μ. — Sa: in den sauren Zuflüssen nicht selten. Pa 1, Si 1.

— var. *notata* (Nordst.) Grönbl. — L. 218—240 μ, Br. 187—219 (Isthm. 22—27) μ, Dicke bis 48 μ. — Wesentlich häufiger als der Arttypus. Bei den verschiedenen Formen läßt sich deutlich die allmähliche Reduktion der drei Erhebungen des Mittelfeldes verfolgen. Die seitlichen Erhebungen sehen

dabei manchmal nach außen wie bei dem Bilde Kriegers (Kryptogamenflora, Taf. 140, Fig. 1), manchmal nach dem Sinus hin wie bei Huzel (1937, Tafel 13, Fig. 1). Sie können auch ganz verschwinden. Da zugleich auch die Stacheln an den Scheitellappen fehlen können, ist die Zelle in der Vorderansicht dann nicht zu unterscheiden von *M. denticulata* var. *intermedia*. Die Seitenansicht zeigt aber weniger Wellungen als bei dieser Art. — pH. 4,5—7,7. Zw: eine Zelle, Sa: von 2—3 auf 1 abnehmend, auch in den sauren Zuflüssen und vereinzelt zwischen Torfmoos, sa 1, Ev 1, Pa 2—3, Wo 2, Si: von 0 auf 2 zunehmend.

79. *M. truncata* (Corda) Bréb. — L. 103—112 μ, Br. 88—112 (Isthm. 18—21) μ. — pH 4—7,5. Sa 2, auch im Torfmoos, aber kaum in den sauren Zuflüssen, sa 2, Pa: von 2 auf 0 abnehmend, Wo 2—3, Bu: von 3 auf 1—2 abnehmend, bu: von 2 auf 1 Zelle abnehmend.

80. *Cosmarium amoenum* Bréb. — L. 46—51 μ, Br. 25—29 (Isthm. 16—19) μ. — pH (4,5—)5,4—6,7. sa 1, auch im Torfmoos, Pa 3, bu +.

— var. *mediolaeve* Nordst. — L. 36—37 μ, Br. 21—22 (Isthm. 13) μ, also kleiner, als im West angegeben, aber durch das glatte Mittelfeld und die kleinere Granulierung gut gekennzeichnet. — pH 4,2—5,1. Si 2—3.

81. *C. angulosum* Bréb. var. *concinnum* (Rabenh.) W. u. W. L. 12—16 μ, Br. 10—14 (Ishm. 4) μ, Dicke 6—7 μ. Grönblad 1924, S. 7 u. Tafel 2, Fig. 34—35. — pH 5—7. Zw: in typischer Form nicht selten in einem Kolk am See. Sa 1—2, sa 1—2, Pa 1—2, Wo +, Si 1.

82. *C. bioculatum* Bréb. — L. 16 μ, Br. 15 (Isthm. 5) μ. — pH 6,1—7,5. Sa 1—2, sa 1.

83. *C. biretum* Bréb. — L. 50—54 μ, Br. 46—51 (Isthm. 15—22) μ. — pH 7—9. Zw 1—2.

84. *C. Boeckii* Wille. — L. 32 μ, Br. 30—32 (Isthm. 9) μ. — pH 5,4—6,7. Sa 1, Pa 1—2.

85. *C. botrytis* Menegh. — L. 55—77 μ, Br. 48—62 (Isthm. 16—19) μ. — pH 5,4—9. Zw 1—2, Sa: von 2—3 auf 1 abnehmend, nicht in der sauren Umgebung, sa +, Ev 1, Pa 1—2, Wo +.

— var. *mediolaeve* W. West. — L. 56 μ, Br. 46 μ. — Ev 1.

— var. *paxillisporum* W. u. W. — L. 64—72 μ, Br. 56—59 μ. Nur die vegetativen Zellen gesehen. — pH 6—7,5. Sa 1—2, sa 1—2.

— var. *subtumidum* Wittr. — L. 53—54 μ, Br. 47—48 (Isthm. 14) μ. — Zw 1—2.

86. *C. Brébissonii* Menegh. — L. 94 μ, Br. 75 (Isthm. 24) μ, also etwas breiter als bei West. — Sa +, vereinzelt auch im Torfmoos.

87. *C. contractum* Kirchn. var. *ellipsoideum* (Elfv.) W. u. W. Tafel 4, Abb. 7a—c. — L. 26 μ, Br. 22—23 (Isthm. 6—7) μ. Etwas kleiner als im West und in der Form nicht ganz elliptisch, sondern meist die untere Hälfte der Halbzelle etwas stärker gewölbt als die obere (Abb. 7c). Da-

neben auch Formen, die an *C. tumidum* erinnern, aber in Polansicht keine Anschwellung zeigen (Abb. 7a—b). — pH 5,4—6,7. Pa: von 3 auf 1 Zelle abnehmend.

— var. *rotundatum* Borge. Tafel 4, Abb. 6. Borge 1925, S. 32 u. Tafel 2, Fig. 27. — L. 43 μ, Br. 24 (Isthm. 7) μ. Etwas größer als die Form Borges. Auch ist die Einschnürung stärker abgerundet. Damit nähert sich unsere Form *C. indentatum* Grönbl. (1920, S. 42 u. Tafel 6, Fig. 55), das aber noch größer und relativ breiter ist. — Pa 1.

88. *C. cucurbita* Bréb. — L. 35—59 μ, Br. 17—27 μ. — pH 4,0—5. Sa: nur in der sauren Umgebung, sa: einige Male in Torfmoos, Pa +, Wo: von 2—3 auf 1 Zelle abgenommen, Si 0, Bu 3—4, bu 3.

89. *C. cucurbitinum* (Biss.) Lütkem. fa. *minor* W. u. W. L. 43—55 μ, Br. 17—23 μ. — pH 4,5—6,5. sa +, Ev 1, Pa 1, Wo 1.

90. *C. Debaryi* Arch. — L. 101 μ, Br. 56 (Isthm. 37) μ. — Sa: eine Zelle.

91. *C. depressum* (Näg.) Lund fa. Tafel 3, Abb. 13a—d. L. 14,5—16 μ, Br. 17,5—19,5 (Isthm. 7—9) μ, Dicke 9—10 μ. Die Form steht zwischen v. *reniforme* W. u. W. und fa. *minuta* Heimerl, die ich nur nach Kriegers Abbildung (1932, Tafel 9, Fig. 18) kenne. Von der ersteren unterscheidet sie sich durch die geringere Größe und den relativ wie absolut breiteren Isthmus, von der zweiten durch die glatte Zellmembran und den breiteren Isthmus. Der Sinus ist schmal, er kann offen oder geschlossen sein. Die Polansicht ist rhombisch-elliptisch. — pH 4—5. Zwischen Torfmoos vereinzelt in Wo und Si.

92. *C. didymoprotupsum* W. u. W. — L. 49—65 μ, Br. 46—53 (Isthm. 15) μ, Dicke 27—35 μ. Stimmt gut mit der Abbildung im West überein. — pH 7—9. Zw 1—2.

93. *C. exiguum* Arch. fa. Tafel 4, Abb. 3. — L. 18—20 μ, Br. 11—13 (Isthm. 2,7—3) μ, Dicke um 8 μ. Entspricht etwa der fa. *minor* Turner, wie sie Krieger (1932, Tafel 10, Fig. 9) abbildet. — pH um 6. sa +, Pa 1.

94. *C. formosulum* Hoff. — L. 36—46 μ, Br. 34—43 (Isthm. 9—11) μ. Das Längen-Breiten-Verhältnis entspricht mehr der var. *Nathorstii*, für die die Zellen aber meist zu klein sind. — pH 5,5—9. Zw 2, Sa 1, sa 1, Pa 1—2.

95. *C. granatum* Bréb. — L. 24—26 μ, Br. 18—20 (Isthm. 5—5,5) μ. — pH 7—9. Zw 2—3. Neben dem Arttypus und weit häufiger als dieser sind zahlreiche abweichende Formen vorhanden. Es sind die gleichen Formen, die Borge 1921, Tafel 1, Fig. 9, für den Tåkernsee abbildet und nur mit Bedenken noch zur Art stellt. Sie unterscheiden sich im allgemeinen auch durch ihre geringere Größe (19—20×13—16, Isthm. 5 μ) vom Arttypus, der im Zwischenahner Meer recht konstante Maße zeigt.

96. *C. humile* (Gay) Nordst. — L. 14—19 μ, Br. 12—17 (Isthm. 5—6) μ. — pH 5,0—7(—9). Zw 1, Sa 2, nicht in den sauren Zuflüssen, sa 2, Ev 1, Pa 1—2, Wo +, Si +.

— var. *glabrum* Gutw. — L. 16—18 μ, Br. 14—15 (Isthm. 4—5) μ. — Sa 1.

97. *C. impressulum* Elfv. — L. 21—23 μ, Br. 15—17 (Isthm. 5) μ. Zellen also kleiner, als West angibt. Neben typischen Formen häufiger unregelmäßige, die hinüberleiten zu den entsprechenden Formen von *C. granatum*, mit denen die Art aber nicht zusammen vorkommt. — pH 6,0—7,5. Sa 2, nicht in der sauren Umgebung, sa 1—2, Ev 1—2, Pa 1.

98. *C. inconspicuum* W. u. W. — L. 12—13,5 μ, Br. 10—11 (Isthm. 5,5 bis 6,5) μ. Etwas kürzer als bei West. — Sa +, in den sauren Zuflüssen häufig.

99. *C. margaritatum* (Lund) Roy u. Biss. — L. 74 μ, Br. 67 μ. — bu: eine Zelle.

100. *C. margaritiferum* Menegh. — L. 47—61 μ, Br. 45—53 (Isthmus 13 bis 16) μ. — pH 5,5—7,3. Sa 2, nicht in der sauren Umgebung, sa 1—2, Pa 1.

101. *C. Meneghinii* Bréb.? — L. 13—23 μ, Br. 10—18 (Isthm. 3—4) μ. Etwas breiter als bei West. — pH 6—8. Zw 1, Sa 1, sa 1, Pa 1.

102. *C. ochthodes* Nordst. — L. 80 μ, Br. 61 (Isthm. 18) μ. — pH 5,5—6,5. Ev: in einer Torfmoosprobe ziemlich häufig.

103. *C. ornatum* Ralfs. — L. 33—35 μ, Br. 34—35 (Isthm. 10—11) μ, Dicke 21 μ. — pH 5,5—7,5. Sa 2—3, nicht in der sauren Umgebung, sa 2—3, Pa 1.

104. *C. pachydermum* Lund. — L. 99—107 μ, Br. 72—80 μ. — pH 6,0 bis 6,5. Ev 2.

105. *C. phaseolus* Bréb. fa. *minus* Boldt. — L. 15—19 μ, Br. 15—18 (Isthm. 3,5—5) μ. — Sa 1.

— var. β *achondrum* Boldt fa. *minus* Borge. — L. 19—21 μ, Br. 20—21 (Isthm. 5,5) μ. — Sa 1.

106. *C. Portianum* Archer. — L. 32—38 μ, Br. 26—32 (Isthm. 9—11) μ. — pH 5,5—7,5. Sa 1—2, Pa 1—2.

107. *C. pseudopyramidatum* Lund. — L. 60—75 μ, Br. 35—46 μ. Ein Pyrenoid in jeder Halbzelle. — Wo 1.

108. *C. punctulatum* Bréb. — L. 29—32 μ, Br. 27—32 (Isthm. 8—10) μ. — pH 5,5—7,5. West gibt die Art für untergetauchte Torfmoose an, wo ich sie gerade nicht gefunden habe. Die Häufigkeitsangaben sind unsicher, weil Zellen mit Inhalt sich nicht von der var. *subpunctulatum* unterscheiden lassen. Sa 1—2, nicht in der sauren Umgebung, sa: von 1—2 auf 0 abnehmend, Pa 1—2, Wo 1.

— var. *subpunctulatum* (Nordst.) Börges. — Stets mit der Art zusammen. Sa 2—3, nicht in der sauren Umgebung, sa: von 2 auf 0 abnehmend, Pa 1—2.

109. *C. pygmaeum* Arch. — L. 9—12 μ, Br. 9—12 (Isthm. 3—5) μ, Dicke 5,5 μ. — pH 4,0—5,0. bu 2.

110. *C. pyramidatum* Bréb. — L. (52—)67—82 μ, Br. (31—)44—49 (Isthm. 13—18) μ. — pH (4,5—)6,1—7,3. Sa: eine Zelle, sa 2—3, Si 1.

111. *C. quadratum* Ralfs. Tafel 4, Abb. 4. — L. 53 μ, Br. 30 (Isthm. 17) μ. — Sa: zwischen Torfmoos +.

fa. *Willei* W. u. W. Tafel 4, Abb. 5. — L. 49—51 μ, Br. 27—29 (Isthm. 16—20) μ. Der Sinus kann offen oder geschlossen sein. — pH 5,5—7. Sa 1 bis 2, zwischen Torfmoos, sa 1—2, Ev 1.

112. *C. Regnellii* Wille. — L. 11—18 μ, Br. 10—14 (Isthm. 4—4,5) μ, Dicke 6—7 μ. Während die Formen aus dem Pastorensee den Bildern im West ziemlich gut entsprechen, zeigen die kleineren Zellen von den anderen Fundorten meist einen einfacheren Umriß und gehen allmählich über in *C. Meneghinii* oder in *C. angulosum* var. *concinnum*. (Vergl. hierzu auch Dick 1930, S. 40, und Tafel 7, Fig. 8—9.) Ich bin nicht sicher, ob die Formen von den angegebenen Standorten wirklich zusammengehören. — Zw 1, Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1, Pa 2, Wo 1, Si 1.

113. *C. reniforme* (Ralfs) Arch. — L. 45—53 μ, Br. 45—51 (Isthm. 11 bis 15 μ. — pH 5,4—7,5. Sa 2—3, nicht in der sauren Umgebung, sa 2, Ev +, Pa 3.

114. *C. sinostegos* Schaarschmidt var. *obtusius* Gutw. West Bd. 3, Tafel 71, Fig. 40. — L. 9—11 μ, Br. 11—12 (Isthm. 3) μ. — Pa 2.

115. *C. sportella* Bréb. — L. 38—51 μ, Br. 36—47 (Isthm. 13) μ. Die Anschwellung des Mittelfeldes und die Graneln dort sind nur schwach entwickelt. — pH 5,5—7,5. Sa 1—2, Pa 1.

116. *C. subcirculare* n. sp. Tafel 3, Abb. 12a—b. — *Cellulis sat magnis, paulo longioribus quam latis, modice constrictis, a fronte visis paene circularibus, apice plerumque levissime applanato. Sinus apertus, angustus, marginibus parallelis. Semicellulae a latere visae paene circulares, a vertice visae ellipticae. Membrana punctata (aut scrobiculata?), in medio semicellulae introrsum incrassata. — Long. cellulae 61—67 μ, lat. 56—63 μ, lat. isthmi 30—36 μ, crass. ca. 30 μ. —*

Die nächsten Verwandten unserer Art sind *C. circulare* Reinsch und *C. Lundellii* Delp. Von beiden unterscheidet sie sich aber durch den breiten Isthmus, von *C. Lundellii* außerdem durch die geringere Größe (die var. *corruptum*, die in der Größe mit unserer Art übereinstimmt, hat einen ganz anderen Sinus) und von *C. circulare* durch die Wandverdickung und durch die breitere Polansicht. — pH 6,5—7,5. Sa 1—2, im Litoral.

117. *C. cubcrenatum* Hantzsch. — L. 18—33 μ, Br. 16—30 (Isthm. 5—7) μ. Oft in kleinerer Form, als West angibt. — pH 5,4—9. Zw 1—2, Sa 3, nicht in der sauren Umgebung, sa 3, Ev: eine Zelle, Pa: von 0 auf 3 zunehmend.

118. *C. subcucumis* Schmidle. — L. 45—77 μ, Br. 29—45 (Isthm. 14—21) μ. Der Isthmus ist also etwas breiter als bei West. Dadurch nähern sich die Formen manchmal *C. quadratum* fa. Willei. — pH 5,4—7,5. Sa 1—2, auch in den sauren Zuflüssen, sa +, Ev 1, Pa 1—2.

119. *C. subprotumidum* Nordst. — L. 30—35 μ, Br. 27—28 μ. — pH 5,5—9. Zw 1, Sa 1, Pa +.

120. *C. subtile* (W. u. W.) Lütkem. — L. 18—19 μ, Br. 13 μ. Etwas größer als nach der Beschreibung bei West (als *Penium subtile*), stimmt mit seinen Angaben sonst aber gut überein. — pH 4,0—5,0. bu 1—2.

121. *C. subtumidum* Nordst. — L. 21—39 μ, Br. 18—32 (Isthm. 5,3 bis 10,5) μ, Dicke bis 19 μ, zum Teil also wesentlich kleiner als bei West. — pH (4,5—)5,4—7,5. Sa 1—2, Pa: von 2—3 auf 0 abnehmend, hier stets die kleinere Form, Wo 1.

122. *C. tetraophthalmum* Bréb. fa. — L. 101—103 μ, Br. 73—80 (Isthm. 22 bis 23) μ, Dicke um 52 μ. Mit großen Warzen, die aber das Mittelfeld frei lassen. — Sa 1.

123. *C. tumidum* Lund. — L. 34—40 μ, Br. 28—30 (Isthm. 8—11) μ. Die Vorderansicht entspricht gut den Bildern bei West, während die Zellen in Polansicht etwas schmaler sind und etwa mit den Abbildungen Messikommers (1943, Tafel 9, Fig. 4) übereinstimmen. — pH 4,5—7,5. Sa 2—3, hier auch von Homfeld gefunden, nicht in der sauren Umgebung. sa 2, Ev +, Wo 1—2.

124. *C. Turpinii* Bréb. — pH 7—9. Zw +.

125. *C. venustum* (Bréb.) Arch. fa. *minus* Wille. — L. 24 μ, Br. 18—19 (Isthm. 5) μ. — pH 4,4—6,5. Pa +, Wo 1.

126. *C. vexatum* W. West fa. Wests Monographie Bd. 3, Tafel 92, Fig. 4. Behre 1939, Tafel 2, Fig. 13. — L. 38—49 μ, Br. 35—44 μ. — pH 6,5—9. Zw 2, Sa 1, Ev 1—2.

127. *Arthrodesmus bifidus* Bréb var. *latidivergens* West. Tafel 3, Abb. 11. — L. 13,3 (mit Stacheln 17) μ, Br. 17 (mit Stacheln 19, Isthm. 9) μ. — Pa: eine Zelle.

128. *A. convergens* Ehrenb. — L. 34—35 μ, Br. 40—41 (mit Stacheln 56 bis 58, Isthm. 9—10) μ. — pH um 6. Pa 1.

129. *A. crassus* W. u. W.? — L. 17 μ, Br. 16 (Isthm. 6,5) μ. Wo: eine zweifelhafte Form, bei der die Stacheln mehr als Warzen ausgebildet waren, nicht selten aus einem Graben am See.

130. *A. incus* (Bréb.) Hassall fa. *minor* W. u. W. — L. 11—15 (mit Stacheln 19—22) μ, Br. 11—17 (mit Stacheln 20—27, Isthm. 7) μ. — pH (4—) 5—6. sa +, Pa 1, Bu 1—2, bu 2.

— var. *extensus* Anderss. Grönblad 1920, Tafel 4, Fig 37. — L. 13—16 (mit Stacheln 19—22) μ, Br. 14 (mit Stacheln 19—27, Isthm. 5—6,5) μ. Etwas schmaler als bei Grönblad und in Seitenansicht weniger eingeschnürt. — pH 4—5,5. Sa: im Verbindungsgraben zum Kleinen Meer nicht selten, bu 3.

131. *A. octocornis* Ehrenb. — pH 5,5—7,5. Sa 1—2, sa 1, Pa 1—2.

132. *A. phimus* Turn. var. *occidentalis* W. u. W. — Bu: in einer Probe nicht selten eine etwas zweifelhafte Form.

133. *A. tenuissimus* Arch. — L. 10—13 μ, Br. 11—12 (Isthm. 6—8) μ. — pH 4,0—4,8. Bu 1—2.

134. *A. triangularis* Lagerh. — L. 21—22 μ, Br. 17—19 (mit Stacheln 27 bis 35, Isthm. 5—6) μ. — pH 5,0—6,7. Pa 2, Wo: beim letzten Besuch nicht selten, Si: beim letzten Besuch massenweise.

135. *Xanthidium Antilopaeum* (Bréb.) Kütz. — pH 4—7. Sa 1, sa: eine Zelle, Pa 2, bu 1—2.

136. *X. cristatum* Bréb. — L. 48 (mit Stacheln 72) μ, Br. 40 (mit Stacheln 59, Isthm. 13) μ. — Sa: im Verbindungsgraben zum Kleinen Meer selten. — Vereinzelt wurde in den Sager Meeren an Zellen von *X. Antilopaeum* dort, wo bei *X. cristatum* der 5. Stachel sitzt, eine größere Warze gefunden.

137. *Staurastrum aciculiferum* (West) Anderss. Tafel 4, Abb. 8 u. 9. Skuja 1928, S. 181 u. Tafel 4, Fig. 23. — L. 24—32 μ, Br. 22—27 (mit Stacheln 25—32, Isthm. 7—11) μ. Stimmt in typischer Ausbildung gut mit den Figuren Skujas überein, nur ist der Hals der Stacheln etwas kürzer. Daneben fanden sich im Kleinen Bullensee in größerer Zahl Übergangsformen zu *St. furcatum*, bei denen die Stacheln auf dem Scheitel sich verlängerten und — teilweise oder alle — sich gabelten, wobei zugleich der Zellkörper unter diesen Stacheln sich wölbte, so daß die Zellform von *St. furcatum* dabei herauskam. Nicht selten waren Zellen, bei denen die eine Zellhälfte typisches *St. aciculiferum* war und die andere fast ebenso typisches *St. furcatum* (Abb. 9). — pH 4,0—5,0. Bu 1, bu 3—4.

138. *St. alternans* Bréb. — L. 37 μ, Br. 35 (Isthm. 10) μ. — pH 5,0—5,5. Sa: nicht selten in den sauren Zuflüssen. sa: eine Zelle.

139. *St. apiculatum* Bréb. Tafel 4, Abb. 13a—c. — L. 19—27 (mit Stacheln 24—32) μ, Br. 19—30 (mit Stacheln 21—32, Isthm. 4,5—6) μ. Die Einschnürung ist manchmal etwas weiter als bei den Figuren Wests, auch können die Stacheln mehr oder weniger nach außen stehen statt senkrecht nach oben. — pH 5—7,5. Sa 1, sa 1, Pa 1—2, Wo 1.

140. *St. avicula* Bréb. — Wests Monographie Bd. 5, Tafel 133, Fig. 10. — Pa 1.

141. *St. Brébissonii* Archer. — L. 35—50 (mit Stacheln bis 54) μ, Br. 37 bis 56 (m. St. 41—62, Isthm. 12—16) μ. Stimmt gut mit den Figuren Wests überein. — pH 5—7,3. Sa 1, sa 1, Wo 1.

142. *St. chaetoceras* (Schröder) G. M. Smith. Smith 1924, Tafel 76, Fig. 21 bis 24. — L. 20—21 (mit Armen 50—67) μ, Br. 14—16 (mit Armen 59—72, Isthm. 5—7) μ. Neben zweistrahligen vereinzelt auch dreistrahlige Zellen, die dann an *St. paradoxum* var. *longipes* erinnern, aber durch die Graneln auf dem Körper von diesem geschieden sind. — pH 7—9. Zw 1—2.

143. *St. cuspidatum* Bréb. Tafel 4, Abb. 12. — L. 21, Br. 16—21 (mit Stacheln 36—40, Isthm. 4) μ. Entspricht wegen seiner langen Stacheln nicht den für Europa abgebildeten Formen, sondern Smith 1924, Tafel 68, Fig. 27 bis 34. — pH 5,5—6,9. In den Sager Meeren vor dem Kriege ganz verein-

zelt bzw. gar nicht gefunden, nachher zunehmend und zuletzt massenweise auftretend.

144. *St. cyrtocerum* Bréb. — L. 27—35, Br. 30—43 (Isthm. 9—10) μ. — pH 5,4—7,3. Sa 1, sa 1, Pa 2.

145. *St. dejectum* Bréb. — L. 18—19 (mit Stacheln bis 26) μ, Br. 18—19 (mit Stacheln 30—37, Isthm. 6—8) μ. Entspricht den Abbildungen Wests. — pH 4,0—5,0. Bu 2—3, bu 2—3.

— var. *Debaryanum* (Jacobs) Nordst. — Pa. 1.

146. *St. Dickiei* Ralfs. — L. (19—)22—26 μ, Br. (17—)24—26 (Isthm. 7 bis 8) μ. Entspricht Messikommer 1943, Tafel 13, Fig. 11. — pH um 6. Pa 1.

147. *St. dispar* Bréb. Wests Monographie Bd. 4, Tafel 127, Fig. 7. Dick 1930, Tafel 9, Fig. 15—16. — L. 24—29 μ, Br. 24—29 (Isthm. 8—9) μ. Seiten in Polansicht konkav. — pH 5,4—7. sa 1, Pa 1—2.

148. *St. furcatum* (Ehrenb.) Bréb. Tafel 4, Abb. 10. — L. 24—30 (mit Stacheln um 32) μ, Br. 19—26 (mit Stacheln 27—31, Isthm. 7—11) μ. Siehe *St. aciculiferum*. — pH 4,0—5,0. sa: in Torfstichen nicht selten, Bu 1, bu 2—3.

149. *St. glabrum* (Ehrenb.) Ralfs. — L. 19 μ, Br. 19 (mit Stacheln 27, Isthm. 8) μ. — Sa und sa: je eine Zelle.

150. *St. gladiosum* Turner. — L. 43—46 (mit Stacheln bis 59) μ, Br. 39 bis 48 (m. St. 60, Isthm. 11—13) μ. Die Zellform entspricht den Abbildungen bei West, während die Stacheln etwas kräftiger und regelmäßiger angeordnet sind, etwa wie bei Krieger 1932, Tafel 15, Fig. 14. — pH 6,5 bis 7,5. Sa 1, sa: eine Zelle.

151. *St. gracile* Ralfs. — Arme mehr oder weniger parallel. Die von Smith (1924, S. 88) angegebene Doppelreihe von Warzen auf dem Scheitel innerhalb des Randes vorhanden, aber doch manchmal sehr undeutlich. — pH 5—7,5. Sa 1—2, sa 1—2, Pa 1, Wo: von 0 auf 3 zunehmend, Si: von 0 auf 1 zunehmend.

152. *St. hirsutum* (Ehrenb.) Bréb. — L. 35—45 μ, Br. 29—37 (Isthm. 8 bis 13) μ. Entspricht den Bildern bei West. Neben Zellen mit normaler Bestachelung häufiger solche mit mehr oder weniger reduzierten Stacheln, die sich nur durch die geringere Größe von *St. muricatum* unterscheiden. — pH 4—7. Sa 0, in der sauren Umgebung häufig, sa: von 0 auf 1—2 zunehmend, Wo: von 2 auf + abnehmend, Si 2, Bu 3, bu 0.

153. *St. inconspicuum* Nordst. — L. 13—15 μ, Br. 16 (Isthm. 5,5) μ. Entspricht der Figur bei West. Meist die vierstrahlige Form. — pH 4,0—5,0. bu 3.

154. *St. inflexum*. Bréb. — L. 19 μ, Br. mit Armen 29 (Isthm. 7) μ. — Sa: eine typische Zelle.

155. *St. lapponicum* (Schmidle) Grönbl. — Grönblad 1926, Tafel 2, Fig. 106—107. — L. 32—37 μ, Br. 31—37 (Isthm. 9—12) μ. Im allgemeinen gut

von *St. punctulatum* zu unterscheiden. Ist im Gegensatz zu dieser Art auch deutlich eutraphent. — pH 6—9. Zw 1—2, Sa 1, sa 1.

156. *St. lunatum* Ralfs. — L. 22—24 μ, Br. 22—24 (Isthm. 7) μ. Entspricht in den Maßen der Form Homfelds (1929, S. 78). Pa +.

157. *St. Manfeldtii* Delp. — L. 46 (mit Stacheln 51) μ, Br. 75 μ. pH 7—9. Zw 1.

158. *St. margaritaceum* (Ehrenb.) Menegh. — L. 24—29 μ, Br. 20—24 (Isthm. 8—10) μ. — pH 4—7. Sa +, häufiger in Torfstichen und sauren Zuflüssen. sa: von 0 auf 2 zunehmend, Pa: von 2—3 auf eine Zelle abnehmend, Wo: von 0 auf 1—2 zunehmend, Si 2, Bu +, bu 3.

159. *St. muricatum* Bréb. — L. 45—51 μ, Br. 38—43 (Isthm. 11—14) μ. Neben typischen Zellen vereinzelt auch solche mit abgestumpftem Scheitel, die an *St. pyramidatum* erinnern. — Sa 1, häufig in Torfstichen und sauren Zuflußgräben, sa +.

160. *St. muticum* Bréb. Tafel 4, Abb. 11. — L. 32—36 μ, Br. 29—33 (Isthm. 9—12) μ. Neben typischen Zellen solche mit sehr engem Sinus, die an *St. orbiculare* var. *depressum* erinnern. — pH um 6. Pa 1—2.

161. *St. orbiculare* Ralfs var. *hibernicum* W. u. W. — L. 32—33 μ, Br. 30—31 (Isthm. 9—13) μ. Etwas kleiner und relativ breiter als bei West. — pH um 6. Pa 1.

— var. *Ralfsii* W. u. W. L. 43 μ, Br. 37 μ. Entspricht in der Form der Abbildung bei West, hat aber punktierte Zellmembran wie der Arttypus. — Sa: in einer Torfmoosprobe nicht selten.

162. *St. paradoxum* aut. — L. 45—48 μ, Br. 59—75 (Isthm. 9) μ. Hierher wurden die Formen mit stärker divergenten Armen gerechnet. — pH 6—9. Zw. 2—3, Sa 1, sa 1.

— var. *parvum*. — L. 17 (mit Armen 26) μ, Br. 32—35 (Isthm. 5) μ. Die Form entspricht durch ihre plumperen Arme mehr der Abbildung bei West als den Bildern von Smith (1924, Tafel 73, Fig. 7—15). — pH 5,0—5,7. Wo: von 0 auf 2 zunehmend, Si +.

163. *St. polymorphum* Bréb. — L. 24—31 μ, Br. 30—42 (Isthm. 8—11) μ. Manchmal mit einem Ring von Graneln an der Basis der Halbzelle, wie bei *St. proboscideum*. — pH 5,0—7,5. Sa 2, nicht in der sauren Umgebung, sa 2, Pa 1—2, Si 1—2.

164. *St. polytrichum* (Perty) Rabenh. — Messikommer 1935, S. 124 und Tafel 2, Fig. 15. — L. 77 (mit Stacheln 85) μ, Br. 67 (m. St. 87, Isthm. 24) μ. Die Bestachelung entspricht den Figuren Messikommers, nicht aber den Abbildungen bei West, der kurze und gerade Stacheln zeichnet. — Sa 1.

165. *St. proboscideum* (Bréb.) Arch. — L. 34 μ, Br. 43 (Isthm. 13) μ. Entspricht den Figuren Wests. — Sa 1.

166. *St. punctulatum* Bréb. — L. 23—34 μ, Br. 21—33 (Isthm. 7—13) μ. Neben einer Hauptmenge von typischen Formen auch solche, die zur var.

productum hinneigen. — pH. 4—6(—9). Trotz der weiten Verbreitung kein Ubiquist. Zw 1—2, Sa 1, sehr häufig in den sauren Zuflußgräben, sa 1, Ev: eine Zelle, Pa 2—3, Wo 2, Si 1, Bu 3—4, bu 0. Scheint humose Gewässer zu meiden.

— var. *Kjellmani* WILLE. — L. 28—30 μ, Br. 21—24 (Isthm. 8—10) μ. — Sa 1.

167. *St. sexcostatum* BRÉB. var. *productum* WEST. — L. 41 μ, Br. 41 (Isthm. 15) μ. — Entspricht der Figur im WEST. — Sa: eine Zelle in einem Zuflußgraben.

168. *St. Simonyi* HEIMERL. — L. 20—22 μ, Br. 19—25 (Isthm. 8) μ. Neben Formen, die den Figuren bei WEST entsprechen, auch solche mit mehr oder weniger reduzierten Stacheln. — pH 4,0—5(—6,5). — Pa 1, Bu: von 0 auf 2—3 zunehmend, bu 2—3.

169. *St. teliferum* RALFS. — pH (4—)5,4—6,7. Pa: von 2—3 auf eine Zelle abnehmend, Wo 1, Bu 1.

170. *Sphaerozosma aubertianum* WEST. — WESTS Monographie, Bd. 5, Tafel 159, Fig. 13. — L. 20—21 μ, Br. 24—25 (Isthm. 7) μ. Neben dem Typus einmal einen nur 14 μ breiten Faden, der die für die var. *Archerianum* kennzeichnenden granelähnlichen Gallertsporen besitzt. — pH um 6. Pa 1.

171. *Sph. granulatum* ROY u. BISS. — L. 9 μ, Br. 9—12 μ. — pH 5—7. Sa 1, sa 1, Pa 1—2, Wo 1.

172. *Sph. vertebratum* (BRÉB.) RALFS var. *latius* W. u. W. — L. 16—17 μ, Br. 23—25 (Isthm. 7,5) μ. Halbzellen nierenförmig. Entspricht gut dem Bilde bei WEST. — Pa 1—2.

173. *Spondylosium planum* (WOLLE) W. u. W. WESTS Monographie Bd. 5, Tafel 160, Fig. 24. L. 19—20 μ, Br. 16—17 (Isthm. 9,5) μ, Dicke 9 μ. Neben typischen Fäden vereinzelt auch gedrehte. Auch diese ließen selbst bei Betrachtung mit Immersion weder Graneln noch Verbindungsfortsätze erkennen. — Sa 1, sa 1.

174. *Sp. pulchellum* ARCH. — L. 15 μ, Br. 12—14 (Isthm. 4,5) μ. — pH 4,0—6,5. sa 1, Pa: von 2—3 auf + abnehmend, Wo: von 2—3 auf 1—2 abnehmend, Si 2—3, Bu 2—3, bu 3. Häufiger manchmal in Torfstichen in der Nähe der Seen.

175. *Hyalotheca dissiliens* (SM.) BRÉB. — pH 5—7. Sa 1, wenig häufiger in der sauren Umgebung, sa 1—2, Ev 1, Pa 2—3, Wo 1.

176. *H. mucosa* (MERT.) EHRENB. — L. 16—18 μ, Br 20—21 μ. — pH 5,4—7,5. Sa 1, sa: von 0 auf 2—3 zunehmend, Pa: von 0 auf 2—3 zunehmend.

177. *Desmidium cylindricum* GREV. — L. 22—26 μ, Br. 40—49 (Isthm. 37—44) μ. Typisch. — pH 6,0—7,5. Sa 1, sa 4, seit Juni 1935 dort große Watten beobachtet.

178. *D. Swartzii* AG. — L. 18 μ, Br. 43—45 (Isthm. 35—36) μ. — pH (5—)6 bis 7,7. Sa: von 4 auf 0 abnehmend, vor dem Kriege mehrere Jahre große Watten bildend, sa: von 2 auf + abnehmend, Pa 1.

179. *Gymnozyga moniliformis* Ehrenb. — 25—28 μ, Br. 18—21 (Isthm. 13—14) μ. — pH 4—5(—6,5). Sa 1, in den sauren Zuflüssen und in Torfstichen häufig, sa 1, Bu 2—3, bu 3.

180. *Gonatozygon Brébissonii* de Bary. — L. 155 μ, Br. 6,5 μ, mit starker Einschnürung vor den Zellenden. — pH 5,4—6,5. Sa +, sa +, Pa: von 1—2 auf 0 abnehmend.

— var. *laeve* (Hilse) W. u. W. — L. 82—139 μ, Br. 4—5,5 μ. — pH um 6,5. Ev: in einer Probe nicht selten.

181. *G. Kinahani* (Arch.) Rabenh. — L. 158—300 μ, Br. 10,5—16 μ. — pH 5—9. Zw 1—2, Sa 1—2, nicht in der sauren Umgebung, sa: von 0 auf 2 zunehmend, Ev 1—2, Pa 3, Wo +.

182. *G. monotaenium* de Bary. — L. 221 μ, Br. 10,3 μ. — sa: ein Faden.

Diatomeae

1. *Melosira ambigua* (Grunow) O. Müller. — pH 5,8—9. Zw 2, Sa 3—4, weniger in den sauren Zuflußgräben, sa 4—5.

2. *M. Binderana* Kütz. — pH 7—9. Zw 2—3.

3. *M. distans* (Ehrenb.) Kütz. — pH 6—7,5(—9). Zw +, Sa 1, sa 2.

4. *M. islandica* O. Müller. — Meist *subsp. helvetica* O. Müller. — pH 7—9. Zw. 3, Pa +.

5. *M. italica* (Ehrenb.) Kütz. — pH 5,7—9. Zw. 3, Sa 2, sa 2—3, Ev 1—2, Pa +, Si 1.

— var. *valida* Grun. — Zw 1—2.

6. *M. varians* C. A. Ag. — pH 7—9. Zw 4.

7. *Cyclotella comta* (Ehrenb.) Kütz. — Zw +.

8. *C. Kützingiana* Thwaites. — Zw: eine Zelle.

9. *C. Meneghiniana* Kütz. — pH 7—9. Zw 2.

10. *Cyclotella stelligera* Cl. u. Grun. — pH 6,0—7,5. Nicht im Plankton, sondern im Litoral. Sa 2, sa 2—3.

11. *Stephanodiscus astraea* (Ehrenb.) Grun. — pH 7—9, Zw. 2.

12. *St. dubius* (Fricke) Hustedt. — pH 7—9. Zw 3.

13. *St. Hantzschii* Grun. — Zw +.

14. *St. tenuis* Hust. — pH 7—9. Zw 1—2.

15. *Coscinodiscus lacustris* Grun. — pH 7—9. Zw 2—3.

16. *C. Rothii* (Ehrenb.) Grun. var. *subsalsa* (Juhl. Dannf.) Hust. — pH (6—)7—9. Zw. 4—5, Pa 1.

17. *Rhizosolenia longiseta* Zach. — pH 6—7,5. Sa 2, sa 2.

18. *Tabellaria binalis* (Ehrenb.) Grun. — Polansicht meist elliptisch, doch auch sohlenförmig. — pH 4—5,5(—6). Pa +, Wo 2, Si 3—4, Bu 2—3, bu 1—2.

19. *T. fenestrata* (Lyngb.) Kütz. — pH 4—7,5(—9). Zw 1, Sa 4—5, sa 4, Ev 4, Pa 1—2, Wo 1, Si 1, Bu 2—3, bu +.

20. *T. flocculosa* (Roth) Kütz. — pH 4,2—9. Zw 1—2, Sa 4—5, auch in den sauren Zuflüssen häufig, sa 4, Ev 2, Pa 4, Wo 4, Si 4, Bu +, bu +.

21. *Diatoma elongatum* Ag. — Zw 1, sa +.

22. *D. vulgare* Bory. — pH 6—9. Zw 4, Sa 2, sa 1—2, Bu +.

— var. *linearis* Grun. — Zw 2.

23. *Meridion circulare* Ag. — pH 6—9. Zw 1, Sa 1, Ev 1.

— var. *constricta* (Ralfs) van Heurck. — Zusammen mit dem Arttypus und durch Übergänge mit ihm verbunden. — Zw +, Sa +, Ev 1.

24. *Opephora Martyi* Héribaud. — pH 7—9. Zw 2.

25. *Ceratoneis arcus* Kütz. var. *linearis* Holmboe. — Zw: eine Zelle.

26. *Fragilaria bicapitata* A. Mayer. — Sa 1, sa +?

27. *Fr. bidens* Heiberg. — Zw 1.

28. *Fr. capucina* Desmazières. — pH für den Arttypus und die Varietäten (6—)7—9. Zw 2, Sa 1, sa 1.

— var. *lanceolata* Grun. — Zw 2—3, Sa 1, sa 1.

— var. *mesolepta* (Rabenh.) Grun. — Zw 2—3, sa +.

29. *Fr. constricta* Ehrenb. — pH (5,0—)6—7,5. — Zw +, Sa 4, sa 3, Ev 1, Pa +, Wo +.

— fa. *stricta* A. Cleve. Mit Übergängen zum Typus und mit diesem zusammen. — Sa 3, sa 2—3, Pa +.

30. *Fr. construens* (Ehrenb.) Grun. var. *venter* (Ehrenb.) Grun. — pH 6—9. Zw 2, Sa 2, sa 2—3.

31. *Fr. inflata* (Heiden) Hust. — Zw +.

32. *Fr. intermedia* Grun. — pH 6—9. Zw 3—4, hier zwei Formen mit verschieden stark ausgebildeten Querstreifen, die aber beide die typische Zentralarea haben. Sa 2—3, sa 2.

33. *Fr. pinnata* Ehrenb. — pH 6—7,5(—9). Zw 1, Sa 3, sa 2—3.

— var. *lancettula*. — Zw +, Wo +.

34. *Fr. virescens* Ralfs. — Sa 1—2, Ev 1.

— var. *capitata* Krasske. — Sa 1.

35. *Asterionella formosa* Hassal. — pH 6—9. Zw 3, Sa 3—4, sa 2—3, Ev 1.

36. *Synedra acus* Kütz. — pH 7—9. Zw 1—2.

— var. *radians* (Kütz.) Hust. — sa +.

37. *S. affinis* Kütz. — pH 7—9. Zw 1—2.

38. *S. amphicephala* Kütz. — sa +.

39. *S. nana* MEISTER? — Die Querstreifung wurde nicht gesehen. — Sa 1, sa 1, Ev 2, Pa 1.

40. *S. pulchella* KÜTZ. — pH 7—9. Zw 2—3.

— var. *minuta* HUST.? — Sa 1.

41. *S. rumpens* KÜTZ. — Der Arttypus mit seinen Varietäten in allen Übergängen. — Zw 1—2?, Sa 1, sa 1, Ev +.

42. *S. tenera* W. SMITH? Die Querstreifen nicht gesehen. — pH 6—7,5. Sa 2—3, sa 2, Ev +.

43. *S. ulna* (NITZSCH) EHRENB. — pH (4—)6—9. Zw 4—5, Sa 3, sa 3—4, Ev 3, Pa +, Wo +, Si +, bu +.

— var. *amphirhynchus* (EHRENB.) GRUN. — Ev 2, daneben zahlreiche Übergänge zum Typus.

44. *S. Vaucheriae* KÜTZ. — Einzeln und in Gruppen mit den Enden auf Vaucheria sitzend. Zw: in einer Probe ziemlich häufig.

45. *Eunotia arcus* EHRENB. — Ev +.

46. *Eu. diodon* EHRENB. — Sa +, sa +.

47. *Eu. exigua* (BRÉB.) GRUN. — In unsern Seen stets mit rechteckiger Gürtelbandansicht. — pH 4—7,5. Sa 2—3, weniger in den sauren Zuflüssen, sa 1—2, Ev +, Wo 2, Si 3, Bu +, bu 3—4.

48. *Eu. formica* EHRENB. — pH (4—)6—7,5. Sa 2—3, nicht in den sauren Zuflüssen, sa 2—3, Ev 3, Pa +, Wo +, Si: eine Zelle, Bu 1.

49. *Eu. gracilis* (EHRENB.) RABENH. — sa +, Ev 1—2, Pa +.

50. *Eu. lunaris* (EHRENB.) GRUN. — Vor allem in den stärker sauren Seen neben typischen viele kurze bis sehr kurze Zellen. — pH 4—9. Zw 1—2, Sa 4, auch in den sauren Zuflüssen häufig, sa 3, Ev 4, Pa 3, Wo 3, Si 3, Bu 3, bu 3—4.

51. *Eu. monodon* EHRENB. — Typus und Varietäten. — pH 6—7,5, Sa 2—3, sa 3—4.

— var. *major* (W. SMITH) HUST. — Bis 360 μ lang und 19 μ breit. — Sa 3 bis 4, sa 3—4.

fa. *bidens* (W. SMITH) HUST. — Sa +, sa +, Ev +.

52. *Eu. pectinalis* (KÜTZ.) RABENH. — pH der Gesamtart (4—)5—7,5(—9). Ev 2, Wo +, Si +.

— var. *minor* (KÜTZ) RABENH. einschl. fa. *impressa* (EHRENB.). — Zw 1, Sa 3—4, auch in den sauren Zuflüssen, sa 3, Ev 4, Pa 2—3, Wo 1, Si 2, Bu +, bu +.

— var. *undulata* (RALFS) RABENH. — Sa 2, sa 2—3, Ev 1—2, Pa +, Wo +, Si 1—2.

— var. *ventralis* (EHRENB.) HUST. Wohl die am meisten eutraphente Varietät der Art. — Zw +, Sa 3—4, sa 3, Ev 1—2, Pa +, Wo +, Si: von 0 auf 3 zunehmend, vor allem an verschmutzten Stellen.

53. *Eu. polydentula* BRUN. — sa +.

54. *Eu. praerupta* EHRENB. — Sa und sa: je eine Zelle, Si 1.

55. *Eu. robusta* Ralfs. — Sa: in einem sauren Zuflußgraben (pH 5,5) eine Zelle.

— var. *diadema* (Ehrenb.) Ralfs. — pH 4,0—6. Wo 1, Si 1.

— var. *tetraodon* (Ehrenb.) Ralfs. — pH 6—7,5. Die beiden Varietäten wurden nicht zusammen gefunden. Sa 1—2, sa 2, Ev 1.

56. *Eu. rhomboidea* Hust. — pH 4—5,6(—7). Sa 2, sa 1—2, Wo 3—4, Si 3—4, Bu 4, bu +.

57. *Eu. trinacria* Krasske. In unseren Seen stets mit rechteckiger Gürtelbandansicht. — pH 4—5,5. Si 1—2, Bu +, bu 1—2.

— var. *undulata* Hust. — An allen drei Stellen ganz vereinzelt neben dem Typus.

58. *Eu. veneris* (Kütz.) O. Müller. In unseren Seen stets mit rhombischer Gürtelbandansicht. — Sa 2, nicht in den sauren Zuflüssen, sa 2, Ev +, Pa 2, Wo 2, Si 1—2.

59. *Cocconeis diminuta* Pant. — Zw +.

60. *C. pediculus* Ehrenb. — pH 7—9. Zw 4, fast stets auf Cladophora oder Chaetomorpha, so auf den Algenfäden sitzend, daß die Wölbung der Frusteln an die Rundung der Fäden angepaßt ist. Pa +.

61. *C. placentula* Ehrenb. — pH 6—9. Zw 3. Kaum auf Cladophora oder Chaetomorpha.

— var. *euglypta* (Ehrenb.) Cleve. — Zw 2—3, Sa +, sa +, Ev 2.

62. *Achnanthes lanceolata* Bréb. — pH 6—9. Zw 2—3, Ev 2.

— var. *elliptica* Cleve. — pH 7—9. Zw 2.

— var. *rostrata* Hust. — Zw 1, Sa und sa: je eine Zelle.

63. *A. lapponica* Hust. — Sa 1, Si 2.

64. *A. linearis* W. Smith. — Zw +, Sa 1.

— var. *pusilla* Grun. — pH 6—7,5. Zw +, Sa 2—3, sa 2.

65. *A. minutissima* Kütz. — Sa +, Ev 1, Si +.

— var. *cryptocephala* Grun. — pH 5,5—7,5—(8). Zw 1, Sa 2, sa 3, Ev 3, Si 1.

66. *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun. — pH 7—9. Zw 2—3.

67. *Mastogloia Smithii* Thwaites. — bu: eine Zelle.

68. *Frustulia rhomboides* (Ehrenb.) De Toni. — Wo 2, Si 3, Bu +, bu +.

— var. *saxonica* (Rabenh.) De Toni. — pH 4—7,5(—9). Obwohl die Alge ihre größte Häufigkeit in den sauersten Seen erreicht, bildet sie ihre Gallertschläuche nicht dort, sondern nur in den Sager Meeren aus. Zw 1, Sa 3—4, sa 3—4, Ev 2, Pa 1—2, Wo 2—3, Si 3—4, Bu 4, bu 4.

69. *Fr. vulgaris* Thwaites. — Sa +, sa 1, Ev +?

70. *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. var. *gallicum* Grun. — Zw: eine Zelle.

71. *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve. — Zw 1, bu +.

— var. *subsalina* (Donkin) Cleve. — Pa +.

72. *C. ladogensis* Cleve var. *densestriata* Hust. — pH 4,3—6,7. Pa 2, Wo 2—3, Si 3.

73. *C. silicula* (Ehrenb) Cleve. — Ev 1—2.

— var. *truncatula* Grun. — Zw +, Ev +, Si +.

74. *Neidium dubium* (Ehrenb.) Cleve. — Zw +.

75. *N. iridis* (Ehrenb.) Cleve. — Sa +.

— var. *ampliata* (Ehrenb.) — In Sa einmal zusammen mit der Art.

76. *Diploneis elliptica* (Kütz.) Cleve. — Zw +, bu +.

77. *D. ovalis* (Hilse) Cleve. — Zw: eine Zelle.

78. *Stauroneis acuta* W. Smith. — Zw: eine Zelle.

79. *St. anceps* Ehrenb. — pH 4,3—6,5. sa +, Ev 2, Pa 1—2, Wo 2—3, Si: eine Zelle.

— fa. *linearis* (Ehrenb.) Cleve. — Zw +, Ev +, Wo 1.

80. *St. legumen* Ehrenb. — Ev +.

81. *St. phoenicenteron* Ehrenb. — pH 4,3—9. Zw 1, Sa 1, häufiger in den sauren Zuflüssen, sa 1, Ev 1, Pa 2, Wo 1—2.

82. *St. pygmaea* Krieger. — Nähert sich manchmal sehr den kleineren Formen von *St. anceps*. — pH 5,4—9. Zw +, Sa 1, sa 1, Ev 1—2, Pa 1.

83. *St. Smithii* Grun. — Zw: eine Zelle.

84. *Anomoeoneis serians* (Bréb.) Cleve. — Sa: eine Zelle.

85. *Navicula anglica* Ralfs. — pH 7—9. Zw 2.

86. *N. atomus* (Näg.) Grun. — Si 1—2.

87. *N. bacillum* Ehrenb. — Sa: eine Zelle.

— var. *Gregoryana* Grun. — Sa +.

88. *N. cari* Ehrenb. — Zw +.

— var. *angusta* Grun. — pH 6—7,5. Sa 2, sa 1.

89. *N. cincta* (Ehrenb.) Kütz. fa.? — Breiter als die Art. — Zw 1.

— var. *Heufleri* Grun. — Zw +.

90. *N. costulata* Grun. — Zw: eine Zelle.

91. *N. cryptocephala* Kütz. — pH (6—)7—9. Zw 2—3, sa +, Ev 1—2, Wo 1?

— var. *exilis* (Kütz.) Grun. — pH 7—9. Zw 2—3.

92. *N. cuspidata* Kütz. — Zw +.

— var. *ambigua* (Ehrenb.) Cleve. — Zw +.

93. *N. densestriata* Hust.? Die Zahl der Querstreifen nicht gezählt. — sa 2.

94. *N. dicephala* (Ehrenb.) W. Smith. — Zw und bu: je eine Zelle.

95. *N. gastrum* Ehrenb. — Zw +.

96. *N. gracilis* Ehrenb. — Die Zellen nicht in Gallerthüllen gesehen. — pH 7—9. Zw 4—5, Pa +.

97. *N. hungarica* Grun. var. *capitata* (Ehrenb.) Cleve. — pH 7—9. Zw 1—2.

98. *N. integra* (W. Smith) Ralfs. — Zw 1.

99. *N. menisculus* Schumann. — Zw 1—2.

100. *N. minima* Grun. var. *atomoides* (Grun) Cleve. — pH 4,2—5,5. Sa +, Wo 2, Si 2.

101. *N. placentula* (Ehrenb.) Grun. — Zw 1.

— fae. *lanceolata* Grun., *latiuscula* (Grun.) Meister und *rostrata* A. Mayer vereinzelt zusammen mit dem Typ.

102. *N. pupula* Kütz. — Zw 1, Pa und Wo: je eine Zelle.

— var. *capitata* Hust. — Sa +, Ev 1.

— var. *rectangularis* (Greg.) Grun. — Sa: nicht selten in den sauren Zuflüssen, im Meere selbst selten, sa +, Ev +.

— var. *pseudopupula* (Krasske) Hust. — Sa +, Ev +.

103. *N. pygmaea* Kütz. — Zw: eine Zelle.

104. *N. radiosa* Kütz. — pH 6—9. Zw 1—2, Sa 1—2, sa 2, bu +.

— var. *tenella* (Bréb.) Grun. — pH (5—)6—9. Zw +, Sa 2—3, sa 2—3, Wo 1—2.

105. *N. rhynchocephala* Kütz. — Zw 1, sa +, Ev +, Wo +.

106. *N. rostellata* Kützing. — pH 7—9. Zw 2.

107. *N. Roteana* (Rabenh.) Grun. — Si +.

108. *N. Schönfeldii* Hust. — Zw 1.

109. *N. scutelloides* W. Smith. — Zw 1.

110. *N. seminulum* Grun. — Pole reichlich breit, sonst typisch, auch kurze Bänder bildend. — Sa +, Si 1, bu 1.

111. *N. tuscula* (Ehrenb.) Grun. — Zw +, Bu: eine Zelle, bu +.

112. *N. viridula* Kütz. — pH 7—9. Zw 2.

— fa. *capitata* Mayer. — Zw +.

— fa. ? — Mit stumpferen Polen. — Zw 1—2.

113. *N. vulpina* Kütz. — Zw +.

114. *Pinnularia acrosphaeria* Bréb. — pH 6—6,5. Sa +, Ev 2.

115. *P. appendiculata* (Ag.) Cleve var. *budensis* Grun. — Si +.

116. *P. borealis* Ehrenb. — Sa +, Ev +, Pa 1, Wo +, Bu +.

— var. *brevicostata* Hust. — Ev +, Pa +.

117. *P. brevicostata* Cleve. — Si: eine Zelle. — Von Hustedt auch im Sager Meer gefunden (1950, S. 431). Die einzige von acht von Hustedt aus einer Probe dieses Sees angegebene Arten, die ich dort nicht wiedergefunden habe.

118. *P. dactylus* Ehrenb. — Sa +, Ev +, Wo +.

119. *P. divergens* W. Smith. — pH 6—7,5. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1—2.

— var. *undulata* Héribaud u. Peragallo. — Sa +, sa +, Ev +.

120. *P. gentilis* (Donkin) Cleve. — pH 5—7,5. Sa 1, in den sauren Zuflüssen häufiger, sa 2, Ev 2—3, Wo 1.

121. *P. gibba* Ehrenb. — pH 4—7,5. Sa 2—3, auch in den sauren Zuflüssen häufig, sa 2—3, Ev 2—3, Pa 1—2, Wo 2, bu +.

— *var. linearis* Hust. — pH 5—7,5. Sa 2, wenig in der sauren Umgebung, sa 2, Ev 3—4, Pa 1—2, Wo +.

— var. *mesogongyla* (Ehrenb.) Hust. — sa +, Ev +.

— var. *parva* (Ehrenb.) Grun. — Ev +.

— fa. *subundulata* Mayer. — Sa +, Ev +.

122. *P. hemiptera* (Kütz.) Cleve. — Zw und sa: je eine Zelle.

123. *P. interrupta* W. Smith. — pH 4—5,5(—7). Sa +, sa +, Ev +, Pa 1, Wo 2, Si: eine Zelle.

— fa. *minutissima* Hust. — Manchmal schwer zu unterscheiden von *P. subcapitata* var. Hilseana. — Sa +, sa +, Ev 1, bu +.

124. *P. legumen* Ehrenb. — Sa +, sa 1, Pa und Wo: je eine Zelle.

125. *P. major* Kütz. — pH 5—7,5. Sa 1, sa 1, Ev 1, Wo +.

126. *P. mesolepta* (Ehrenb.) W. Smith. — pH 5—6,5(—8), Zw +, Sa +, auch in der sauren Umgebung, sa +, Ev 2, Pa +, Wo 2, Si +.

127. *P. microstauron* (Ehrenb.) Cleve. — pH 4—6,5(—7). Sa +, auch in den sauren Zuflüssen nur vereinzelt, sa +, Ev 1—2, Pa 2—3, Wo 2—3, Si 2, Bu +.

— var. *Brébissonii* (Kütz.) Hust. — pH 4—6,5(—8). Torfmoosform. Zw 1, Sa +, auch in den sauren Gräben nur vereinzelt. sa +, Ev 3, Pa 1, Wo 1—2, Si 1, häufiger im Torfmoos, Bu +, bu 1.

— fa. *diminuta* Grun. — Ev +, Pa +.

— var. *ambigua* Meister. — Ev +.

— fa. *biundulata* O. Müller. — Ev +, Wo 1.

128. *P. molaris* Grun. — Ev 1.

129. *P. nobilis* Ehrenb. — Sa +, sa +, Ev 1, Wo: eine Zelle.

130. *P. stomatophora* Grun. — Ev: eine Zelle.

131. *P. subcapitata* Gregory. — Sa +, sa +, Ev 1—2, Si 1, bu +. Stets vereinzelt neben der var. *Hilseana*.

— var. *Hilseana* (Janisch) O. Müller. — pH 4—7,5(—8). Torfmoosform. Zw +, Sa 1—2, auch in den sauren Zuflüssen nicht häufig, sa 2, Ev 2—3, Pa +, Wo 2—3, Si 2—3, häufiger im Torfmoos, Bu 1—2, bu 2.

132. *P. subsolaris* (Grun.) Cleve. — sa +.

133. *P. viridis* (Nitzsch) Ehrenb. — pH 4—7,5(—9). Zw 1, Sa 2—3, in den sauren Zuflüssen häufig, sa 2, Ev 3, Pa 1, Wo 2—3, Si 1, Bu 1—2, bu: eine Zelle.

— var. *fallax* Cleve. — Sa +.

— var. *sudetica* (Hilse) Hust. — Zw +, sa +, Ev 1—2, Wo 1, Si 1—2, Bu +, bu +.

134. *Amphora holsatica* Hust. — bu +.

135. *A. ovalis* Kütz. — pH der Gesamtart 7—9. Zw 1—2.

— var. *libyca* (Ehrenb.) Cleve. — Zw 1—2, Sa +, sa 1—2, Ev 1.

— var. *pediculus* Kütz. — Zw 1—2.

136. *Cymbella amphicephala* Näg. — Ev +.

137. *C. aspera* (Ehrenb.) Cleve. — pH 6—9. Zw 1, sa +, Ev +.

138. *C. cistula* (Hemprich) Grun. — pH 7—9. Zw 2—3, Pa +.

139. *C. gracilis* (Rabenh.) Cleve. — pH 6—7,5. Sa 3, in den sauren Zuflüssen selten, sa 3, Ev 2, Si +.

140. *C. helvetica* Kütz. — pH 6—6,5. Ev 1—2.

141. *C. hybrida* Grun. — Ev: eine Zelle.

142. *C. lanceolata* (Ehrenb.) v. Heurck. — Sa: eine Zelle.

143. *C. leptoceros* (Ehrenb.) Grun. — Zw: eine Zelle.

144. *C. microcephala* Grun. — Sa +, Ev 2—3, Pa 1, Wo 1, Si 2.

145. *C. naviculiformis* Auerswald. — pH 5,0—6,5(—9). Zw 1, Sa +, in einem sauren Zuflußgraben häufig, sa +, Ev 2, Pa +, Wo +.

146. *C. perpusilla* A. Cleve.? — Wo 1.

147. *C. prostrata* (Berkeley) Cleve. — Die Zellen sind sehr verschieden groß, und die kleinsten wie die größten kommen in Gallertschläuchen und ohne solche vor. — pH 7—9. Zw 4, Pa +.

148. *C. pusilla* Grun — bu: eine Zelle.

149. *C. turgida* (Gregory) Cleve. — pH 5,4—7,5. Zw +, Sa 2, nicht in den sauren Zuflüssen, sa 2, Ev 3, Pa 1—2, Wo +, Si +.

150. *C. ventricosa* Kütz. — pH (5—)6—9. Zw 4, Sa 3, kaum in den sauren Zuflüssen, sa 3, Ev 2, Pa 1, Wo +, Si +.

151. *Gomphonema acuminatum* Ehrenb. — pH 5,4—7,5(—9). Zw 1, Sa 2, sa 2, Ev 2—3, Pa 1, Wo +, Si +.

— var. *Brébissonii* (Kütz.) Cleve. — Sa +, sa +.

— var. *coronatum* (Ehrenb.) W. Smith. — pH 5,4—7,5. Zw 1, Sa 3, nicht in den sauren Zuflüssen, sa 3, Ev 3, Pa 1—2, Wo +, Si +.

— var. *turris* (Ehrenb.) Cleve. — sa +.

152. *G. angustatum* (Kütz.) Rabenh. var. *productum* Grun. Siehe *G. parvulum*. — pH 5—7,7(—9). Zw 1—2, Sa 3, nicht in den sauren Zuflüssen, sa 2—3, Ev 3, Pa +, Wo 2, Si 2, bu +. Die Form bevorzugt verschmutzte Standorte.

153. *G. augur* Ehrenb. — Ev 1.

— var. *Gautieri* v. Heurck. — pH 5,4—6,5. Ev, 2, Pa 1.

154. *G. constrictum* Ehrenb. — pH 5,5—9. Zw 2—3, Sa 2, nicht in den sauren Zuflüssen, sa 3, Ev +, Pa +, Si +, Bu +, bu +.

155. *G. gracile* Ehrenb.? — Pa 1.

156. *G. intricatum* Kütz. — pH 6—9. Zw 1—2, Sa +, sa 1—2.

157. *G. longiceps* (Ehrenb.) var. *subclavatum* Grun. fa. *gracile* Hust. — pH 6—7,7. Zw 1, Sa 2, sa 1—2, Ev 3, Pa 1.

158. *G. olivaceum* (Lyngbye) Kütz. — pH 7—9. Zw 4—5, sa +, Pa +.

— var. *calcarea* Cleve. — Zw 1.

159. *G. parvulum* Kütz. — Oft nicht zu unterscheiden von *G. angustatum* v. *productum*. — pH 5,4—7,5. Zw 1?, Sa 1—2, sa 1, Pa 2—3, Wo 1.

160. *Denticula elegans* Kütz. Zw +, Ev +.

161. *Epithemia sorex* Kütz. Zw +.

162. *E. zebra* (Ehrenb.) Kütz. var. *porcellus* (Kütz.) Grun. — Wo: eine Zelle.

— var. *saxonica* (Kütz.) Grun. — Zw +.

163. *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O. Müller. — Zw +, in einem Kolk am See massenhaft.

164. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grun. — pH 5—9. Zw 1—2, Ev 1 bis 2, Pa 2, nur nach dem Kriege, Wo +, Bu +, bu +.

165. *Nitzschia acuta* Hantzsch. — Zw +, Sa +, sa 1—2, Ev 1.

166. *N. amphibia* Grun. — Zw 1.

167. *N. angustata* (W. Smith) Grun.? Die Kielpunkte sollen undeutlich sein, sind aber sehr deutlich. — Zw 1—2.

168. *N. dissipata* (Kütz.) Grun. — pH (5,4—)7—9. Zw 2—3, einige Male in Mengen in den Schläuchen von *Cymbella prostrata*, sowohl zwischen den Cymbellen als in leeren Schläuchen, Sa 1, sa 1, Ev 1, Pa 1, Wo +.

169. *N. gracilis* Hantzch. — pH 5—7. sa 1, Ev 1, Pa 1, Wo +, Si 2—3.

170. *N. ignorata* Krasske? — Bis über 100 μ lang, im übrigen aber typisch. pH 5,4—7. Sa +, sa 1, Ev 2—3, Pa 1, Wo +.

171. *N. palea* (Kütz.) W. Smith. — pH 4,5—9. Zw 2, Sa 1, sa 1—2, Ev 3, Pa 3, Wo 2—3, Si 3—4.

172. *N. recta* Hantzsch. — Zw 1, Sa 1, sa 1, Ev 2—3, Wo 1, Si +.

173. *N. scalaris* (Ehrenb.) W. Smith. — sa: eine Zelle.

174. *N. subtilis* Kütz. — pH 4—6. Sa: in einigen sauren Zuflußgräben häufig, bu 1.

175. *N. thermalis* Kütz. — Zw 1.

176. *Cymatopleura elliptica* (Bréb.) W. Smith. — Zw: eine Zelle.

— var. *hibernica* (W. Smith) Hust. — Zw +.

177. *C. solea* (Bréb.) W. Smith. — Zw 1.

178. *Stenopterobia intermedia* Lewis. — pH 6—7,5. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1—2.

179. *Surirella angustata* Kütz. — 54—81 Kanäle in 100 μ. Die größten Formen fallen schon in die Maße von *S. gracilis*. — pH (6—)7—9. Zw 2—3, Sa 1, sa 1.

— var. *constricta* Hust. — Zw +.

180. *S. biseriata* Bréb. — Sa: in sauren Zuflußgräben nicht selten. Neben dem Typus auch die var. *constricta* Grun.

181. *S. delicatissima* Lewis. — Sa: eine Zelle.

182. *S. elegans* Ehrenb. — pH 5—7,7(—9). Zw 1, Sa 1—2, auch in den sauren Zuflußgräben, sa 2, Ev 2, Wo 1.

— var. *constricta* Mayer. — Ev 1.

183. *S. linearis* W. Smith. — pH 4,5—7,5. Sa 1—2, sa 1—2, Ev 1, Pa 1, Wo 1—2.

— var. *constricta* (Ehrenb.) Grun. — Sa +, sa +.

— fa. Enden abgerundet, Zahl der Kanäle bis 36. Zw 1.

184. *S. Moelleriana* Grun. — pH 6—7,5. Sa 1—2, sa +.

185. *S. ovata* Kütz. — pH 7—9. Zw 2—3.

186. *S. robusta* Ehrenb. — pH 6—7,5. Sa 1—2, sa 1—2.

— var. *splendida* (Ehrenb.) v. Heurck. — Zw +.

Zusammenfassung

Die Algenbesiedlung von neun Seen aus der Umgegend von Bremen und Bremerhaven wurde untersucht. Die Seen ordnen sich — einzeln oder paarweise — in eine Reihe zunehmender Azidität vom eutrophen Zwischenahner Meer mit dem pH 7—9 bis zu den stark oligotrophen Bullenseen mit einem pH von 4—4,5. Da die Untersuchung in zwei Abschnitten, vor und nach dem Kriege, geschah, konnte auch die Entwick-

lung der Seen und ihrer Algenflora verfolgt werden. Bei zwei der Seen nahm das pH etwa um eine Einheit zu, bei zwei anderen um eine Einheit ab. Bei den übrigen blieb es ± konstant. — Insgesamt wurden 813 Algenarten gefunden, darunter 6 neue Arten, 4 neue Varietäten und 1 neue Forma. Ihre Verteilung auf die Seen zeigen die Tabelle S. 272 und das Kurvenbild S. 273. Eine zusammenfassende Charakteristik der einzelnen Seen und der Entwicklungsrichtung ihrer Algenflora gibt die Übersicht S. 300, eine entsprechende Übersicht über die makrophytischen Algen ist S. 282 und über das Plankton S. 283 zu finden.

Eine Änderung des pH-Wertes um eine Einheit bewirkt eine wesentliche Änderung in der Zusammensetzung der Algenflora. — An einigen Beispielen ließ sich erkennen, welche Bedeutung der Kalkgehalt eines Gewässers unabhängig vom pH für das Gedeihen der Desmidiaceen hat. — Der Vergleich der beiden Bullenseen, von denen der eine ein Klarwassersee ist und der andere braunes Wasser hat, zeigte, welchen Einfluß die Humosität auf die Algenbesiedlung bei gleichem pH und gleicher Nährsalzarmut besitzt (S. 266).

Der Donatsche Begriff des *Lobelia-Isoëtes*-Sees als Typus des oligotrophen Sees mußte fallengelassen werden, da diese beiden Pflanzen nicht mehr in die am stärksten oligotrophen Seen hineingehen. Auch die — weniger oligotrophen — Seen, in denen *Lobelia, Isoëtes* und *Litorella* bestandsbildend vorkommen, entsprechen nur teilweise dem Donatschen Typus der *Lobelia*-Seen.

Die Stoffproduktion der Seen ist sehr verschieden, und besonders unterschiedlich ist der Anteil der Algen an dieser Produktion. In einigen Fällen erhöhte eine begrenzte Vermehrung der Humosität die Stoffproduktion, setzte aber den Anteil der Algen daran stark herab.

Für die unbeweglichen oder wenig beweglichen, zwischen den Watten größerer Algen und zwischen den Blättern und anderen Teilen höherer Pflanzen lebenden und nicht festgewachsenen Kleinalgen wurde der Begriff des „Metaphyton" eingeführt. Die Brauchbarkeit dieses Begriffes und seine Anwendung für algenökologische und soziologische Untersuchungen wurde gezeigt sowie sein Verhältnis zum Assoziationsbegriff dargestellt.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Karl Behre, Bremen-Lesum, Lesmonastr. 31.

Literaturverzeichnis

Von Alten, A. 1910. Beitrag zur Kenntnis der „Algenflora der Moore der Provinz Hannover." — Mitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover. 1. und 2. Jahresbericht.

Behre, K. 1939. Die Algenbesiedlung der Truper Blänken bei Bremen. — Abh. Nat. Ver. Bremen Bd. 31, S. 20—83.

— 1953. Cyanophyceen überrieselter Felsen, von Herrn Vaillant vornehmlich in Algerien gesammelt. — Bull. Soc. Hist. Nat. de l'Afrique du Nord Bd. 44, S. 209—227.

— 1955. Die Süßwasseralgen der Wallacea-Expedition außer den Kieselalgen und den Peridineen. — Archiv Hydrob. Suppl., Bd. „Tropische Binnengewässer" Nr. XXIII, S. 1—104.

— und Wehrle, E. 1942. Welche Faktoren entscheiden über die Zusammensetzung von Algengesellschaften? — Archiv Hydrob. Bd. 39, S. 1—23.

Bigeard, E. 1933. Les Pediastrum d'Europe. — Trav. Lab. Bot. d l'Université Catholique d'Angers, Nr. 5.

Borge, O. 1897. Algologiska Notiser 4. Süßwasserplankton aus der Insel Mull. — Bot. Not. 1897, S. 210—215.

— 1921. Die Algenflora des Tåkernsees — Sjön Tåkerns Fauna och Fora 4. K. Svenska Vetenskapsakademien.

— 1925. Die von Dr. F. C. Hoehne während der Expedition Roosevelt/Rondon gesammelten Süßwasseralgen. — Ark. f. Botanik, Bd. 19, Nr. 17.

Bourrelly, P. 1951a. Volvocales rares ou nouvelles. Hydrobiologia 3, S. 251—281.

— 1951b. Notes sur quelques Chlorococcales. — Bull. Muséum, 2. série, t. 23, S. 673—684.

Braun-Blanquet, J. 1951. Pflanzensoziologie. Wien.

Brockmann, Chr. u. a. 1933. Der Wollingster See. Beiträge zur Limnologie eines Heidesees. — Schriften des Vereins für Naturkunde an der Unterweser. N. F. Heft 6, S. 1—80.

Chodat, R. 1926. Scenedesmus. — Zeitschr. f. Hydrologie, Bd. 3, S. 71—258.

Conrad, W. 1934. Matériaux pour une Monographie du genre Lepocinclis Perty. Arch. f. Protistenkunde Bd. 82, S. 202—249.

Deflandre, G. 1926. Monographie du genre Trachelomonas Ehr. — Nemours.

Denis, Marcel. 1925. Essai sur la végétation de la Forêt de Fontainebleau. — Ann. d. sc. nat. Bot. Bd. 7, S. 5—160.

Dick, J. 1930. Pfälzische Desmidiaceen. — Mitt. Pfälz. Ver. f. Naturkunde Pollichia, N. F. Bd. 3, S. 91—144.

Donat, A. 1926. Die Vegetation unserer Seen und die biologischen Seetypen. — Ber. D. Bot. Gesellschaft, Bd. 44, S. 48—56.

Grönblad, R. 1920. Finnländische Desmidiaceen aus Keuru. — Acta soc. fauna et flora Fennica Bd. 47, Nr. 4, S. 1—98.

— 1924. Oberservations on some Desmids. L. c. Bd. 55, Nr. 3, S. 1—18.

— 1926. Beitrag zur Kenntnis der Desmidiaceen Schlesiens. — Soc. Sc. Fennica. Comm. Biologicae Bd. 2, Nr. 5, S. 1—39.

Halbfass, W. 1924. Der Große und der kleine Bullensee in der Lüneburger Heide. — Abh. Nat. Ver. Bremen Bd. 25, S. 274—276.

Höhnk, W. und Bock, K. J. 1954. Ein Beitrag zur Ökologie der saprophytischen Wasserpilze. — Veröff. Inst. Meeresforschung in Bremerhaven 3: 9—26.

Homfeld, H. 1929. Beitrag zur Kenntnis der Desmidiaceen Nordwestdeutschlands, besonders ihrer Zygoten. Kolkwitz: Pflanzenforschung, Heft 12.

Huber-Pestalozzi, G. 1938—1950. Das Phytoplankton des Süßwassers. Thienemann: die Binnengewässer, Bd. 16.

Hustedt, Fr. 1950. Die Diatomeenflora norddeutscher Seen mit besonderer Berücksichtigung des holsteinischen Seengebietes. Teil 5—7. Arch. Hydrob. Bd. 43, S. 329—458.

Huzel, C. 1937. Beitrag zur Kenntnis der mikroskopischen Pflanzenwelt der Rauhen Wiese bei Böhmenkirch. — Veröff. Württembergische Landesstelle für Naturschutz, Heft 13, S. 1—148.

Jaag, 1933. Coccomyxa Schmidle, Monographie einer Algengattung. — Beitr. Kryptogamenflora d. Schweiz, Bd. 8, Heft 1, S. 1—133.

— 1945. Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen . . . — L. c. Bd. 9, Heft 3, S. 1—560.

Kann, E. 1940. Ökologische Untersuchungen an Litoralalgen ostholsteinischer Seen. Arch. Hydrob. Bd. 37, S. 177—269.

Krieger, W. 1932. Die Desmidiaceen der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition. — Arch. Hydrob. Suppl. Bd. 11, S. 129—230.

Lemmermann, E. 1898. Beiträge zur Kenntns der Planktonalgen 2. Bot. Zentralblatt 76, S. 1—8.

— 1899. Das Phytoplankton sächsischer Teiche. Plöner Forschungsberichte Teil 7, S. 1—40.

— 1900. Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen 7. Das Phytoplankton des Zwischenahner Meeres. — Ber. Deutsch. Bot. Gesellschaft Bd. 18, S. 135 bis 143.

— 1910. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg 1. Leipzig.

Lundbeck, J. 1934. Über den primär oligotrophen Seentypus und den Wollingster See als dessen mitteleuropäischen Vertreter. — Arch. Hydrob. Bd. 27, S. 221 bis 250.

— 1938. Das Werden und Vergehen der nordwestdeutschen Seen. — Geol. Meere u. Binnengewässer Bd. 2, S. 22—61.

— 1951. Zur Kenntnis der Lebensverhältnisse in sauren Binnenseen. — Arch. Hydrob. Suppl. Bd. 20, S. 18—117.

Messikommer, E. 1935. — Algen aus dem Obertoggenburg. Mitt. Bot. Mus. Univ. Zürich, Bd. 67, S. 95—127.

— 1942. Beitrag zur Kenntnis der Algenflora und Algenvegetation des Hochgebirges um Davos. — Beitr. geobotan. Landesaufnahme d. Schweiz, Heft 24, S. 1—452.

— 1943. Hydrobiologische Studien an der Moorreservation der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Robenhausen-Wetzikon. — Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Beiheft Nr. 2, S. 1—70.

Nägeli, Karl, 1849. Gattungen einzelliger Algen . . . Zürich.

Noltmann, R. 1928/29. Nordwestdeutsche Seen. — Der Naturforscher 5, S. 383 bis 391.

OHLE, W. 1934. Chemische und physikalische Untersuchungen norddeutscher Seen. — Arch. Hydrob. Bd. 26, S. 386—464 und 584—658.

PANKNIN, W. 1945/47. Zur Entwicklungsgeschichte der Algensoziologie und zum Problem der „echten" und „zugehörigen" Algengesellschaften. — Arch. Hydrob. Bd. 41, S. 92—111.

PASCHER, A. 1913—1936. Die Süßwasserflora Mitteleuropas. Jena.

PETERSEN. 1932. The Algal Vegetation of the Hammer Bakker. — Bot. Tidsskr. Bd. 42, S. 1—48.

POCHMANN, A. 1942. Synopsis der Gattung Phacus. Arch. Protistenk. Bd. 95, S. 81 bis 252.

PRINTZ, H. 1913. Eine systematische Übersicht der Gattung Oocystis NÄGELI. — Nyt Mag. f. Naturvidenskaberne, Bd. 51, S. 165—203.

— 1914. Kristianiatraktens Protococcoideer. — Vid. Selsk. Skr. 1, Math. nat. Klasse. 1913. Nr. 6.

— 1927. Chlorophyceae. In Engler-Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig.

RABENHORST, L. 1897—1939. Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 2. Aufl. Bd. 1—13. Leipzig.

RUTTNER, F. 1952. Grundriß der Limnologie. 2. Auflage. Berlin.

SAUER, T. 1937. Die Makrophytenvegetation ostholsteinischer Seen und Teiche. Arch. Hydrob. Suppl. Bd. 6, S. 431—592.

SCHÜTT, B. 1936. Die Pflanzengemeinschaften. In: Buchenau: Flora von Bremen, Oldenburg, Ostfriesland . . . 10. Auflage. Bremen. S. 47—64.

SKUJA, H. 1932. Le genre *Pleurodiscus* doit-il être maintenu? — Révue algologique, T. 6, S. 137—146.

— 1939. Beitrag zur Algenflora Lettlands 2. — Acta horti botanici Univ. Latv. Bd. 11 u. 12, S. 41—169.

— 1948. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. — Symbolae Botanicae Upsalienses Bd. 9, Heft 3.

— 1949. Zur Süßwasseralgenflora Burmas. — Nova acta Regiae societatis scient. Upsaliensis. Ser. 4, Bd. 14, Heft 5.

SKVORTZOW, B. W. 1926. New flagellata from North Manchuria, China. — Philipp. Journ. of Sciences, Bd. 31, S. 229—233.

SMITH, G. M. 1920 u. 1924. Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin, Teil 1. u. 2. — Wisc. Geol. a. Nat. Hist. Survey Bull. 57.

STEIN, Fr. 1878. Der Organismus der Infusionstiere, Teil 3, 1. Hälfte. Engelmann, Leipzig.

STEINECKE, F. 1940. Der Süßwassersee. Studienbücher Deutscher Lebensgemeinschaften 1. Leipzig.

SWIRENKO, D. 1914. Die Euglenaceengattung *Trachelomonas*. — Arch. Hydrob. Bd. 9, S. 630—647.

TEILING, E. 1941. *aeruginosa* oder *flos-aquae*? — Svensk. Bot. Tidskr. Bd. 35, S. 337 bis 349.

— 1942. Schwedische Planktonalgen 3. — Bot. Notiser 1942, S. 63—68.

Tüxen, R. u. Preising, E. 1942. Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften. — Deutsche Wasserwirtschaft Bd. 37, S. 10—17 u. 57—69.

Viets, K. 1949. Die Wassermilben des Otterstedter Sees. — Abh. Nat. Ver. Bremen Bd. 32, S. 332—338.

West, W. u. G. S. 1904—1923. A Monograph oft the British Desmidiaceae, Bd. 1—5. London. Ray Society.

Woloscynska, J. 1917 Beitrag zur Kenntnis der Algenflora Litauens. — Bull. Acad. Scienc. Cracovie, Série B, 1917, S. 123—130.

Tafel 1.

Abb. 1) *Chamaesiphon incrustans* var. *angustus* n. v.
a) Gruppe älterer Zellen, 675×
b) Gruppe jüngerer Zellen, 950×

Abb. 2) *Lyngbya Allorgei* fa. *crassior* n. fa., 950×

Abb. 3) *Anabaena repens* n. sp. a) 950×, b) 675×

Abb. 4) *Scytonema coactile* var. *minor*. a) und b) 250×

Abb. 5) *Oscillatoria Borneti* var. *intermedia*, 950×

Abb. 6) Hormogonale Blaualge. 675×

Abb. 7) *Characiopsis turgida*. a) und b) 950×

Abb. 8) *Ch. longipes*. a) und b) 675×

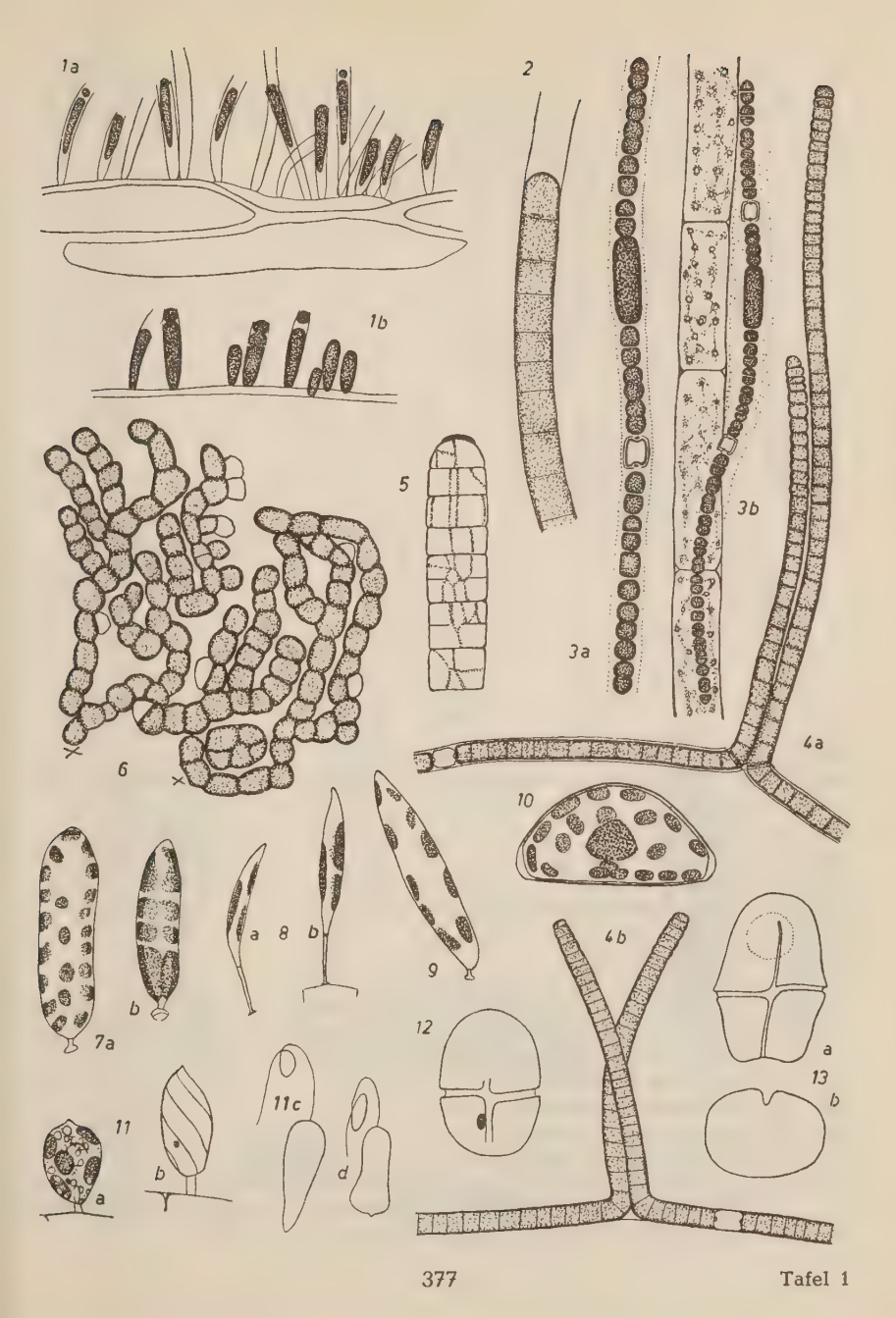
Abb. 9) *Ch. saccata*. 675×

Abb. 10) *Pleurogaster* sp. 950×

Abb. 11) *Euglena sessilis* n. sp. a) 675×, b) Oberflächenbild, 675×, c) und d) Umrißbilder der schwimmenden Monade.

Abb. 12) *Gymnodinium neglectum*. 675×

Abb. 13) *G. uberrimum*. a) und b) 675×


1a
1b
2
3a
3b
4a
4b
5
6
7a
b
8
a
b
9
10
11
a
b
11c
d
12
13
a
b

Tafel 2.

Abb. 1) *Phacus acuminatus* fae. a), b, c) 950×

Abb. 2) *Ph. helicoideus.* a) Hauptansicht 675×, b) Ansicht schräg von der Seite 675×

Abb. 3) *Ph. platalea.* 675×

Abb. 4) *Ph. circumflexus.* 675×

Abb. 5) *Ph. caudatus.* 675×

Abb. 6) *Ph. pleuronectes,* farblose Form. 675×

Abb. 7) *Ph. applanatus.* 675×

Abb. 8) *Ph. rudicula,* 950×

Abb. 9) *Ph. pyrum* fa. 675×

Abb. 10) *Tropidoscyphus falcatus* n. sp. Der Zellkern ist nach einem gefärbten Präparat nachgetragen, b) Oberflächenansicht, c) nach Behandlung mit Jod und Chloralhydrat tordiertes Exemplar. Alle 950×

Abb. 11) *Menoidium pellucidum.* 675×

Abb. 12) *Heteronema leptosomum* fa. 425×

Abb. 13) *Euglena truncatula* n. sp. 550×

Abb. 14) *Chlorogonium Heimii?* 1500×

Abb. 15) *Chl. curvicauda* n. sp. a) 950×, b) Oberflächenansicht 675×, c) Schemazeichnung der Papille und der Insertionsstellen der Geißeln in Polansicht.

Abb. 16) *Keratococcus caudatus.* a), b), c) 950×

1
a
b
1c
2
a
b
3
4
5
6
7
8
9
10
a
b
c
11
12
13
14
15 a
b
c
16
a
b
c

Tafel 3.

Abb. 1) *Oedogonium crispum* fa. 390×

Abb. 2) *Oocystis solitaria.* a) Zelle ohne Pyrenoide 950×, b) Zelle mit Pyrenoiden 950×

Abb. 3) *Chaetomorpha herbipolensis.* 150×

Abb. 4) *Closteriospira lemanensis?* 950×

Abb. 5) *Cylindrocystis crassa.* a) 950×, b) und c) Übergänge zur var. *elliptica,* 950×

Abb. 6) *Closterium decorum.* a) Zellumriß 150×, b) Zellende 950×

Abb. 7) *Cl. lineatum* var. *gracile* n. var. a) 150×, b) Zellende 950×

Abb. 8) *Cl. attenuatum* mit Zygoten. 150×

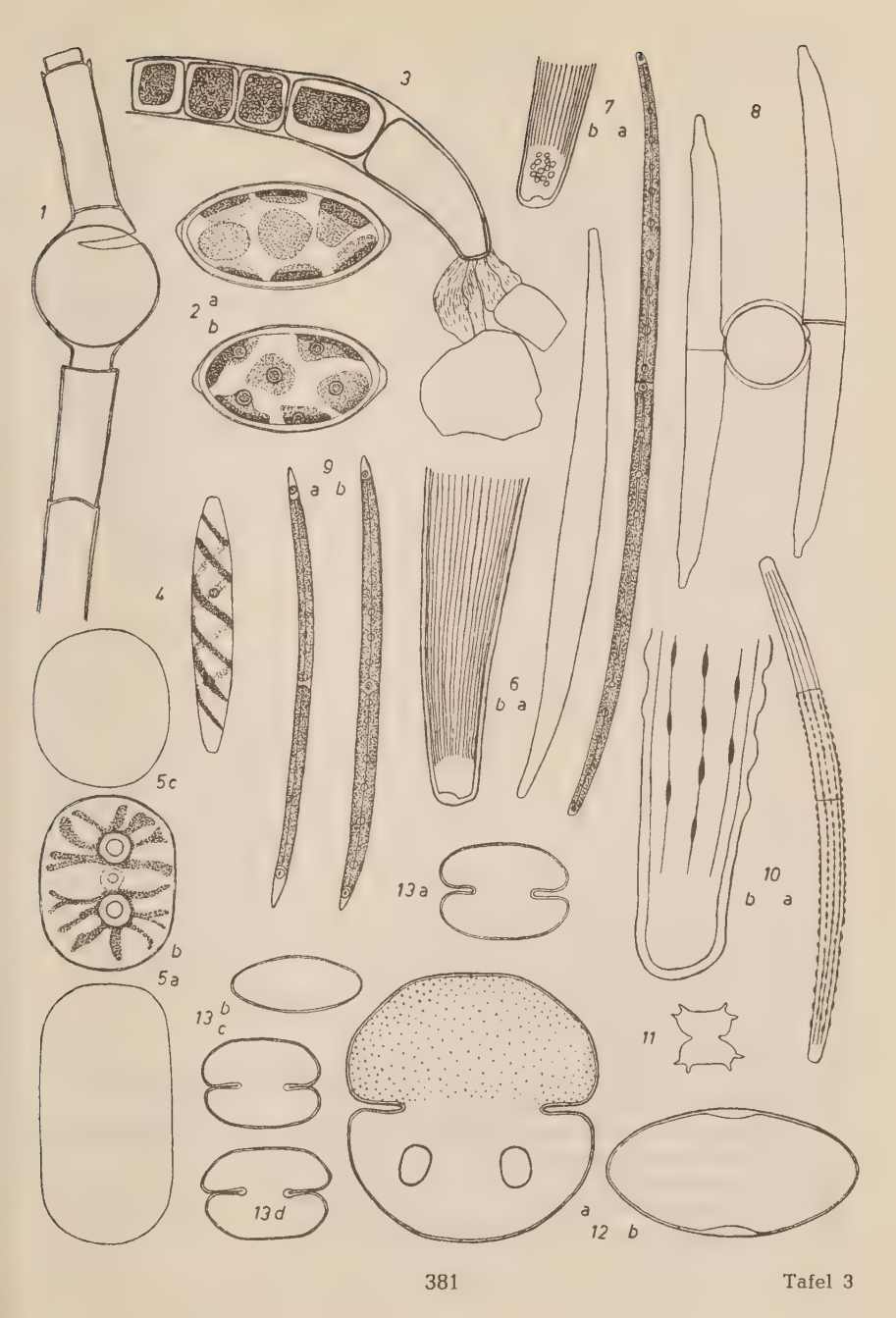
Abb. 9) *Cl. polystictum* var. *brevius* n. var. a) 150×, b) 250×

Abb. 10) *Cl. angustatum* var. *pseudobörgesenii* n. var. a) 150×, b) Zellende 950×

Abb. 11) *Arthrodesmus bifidus* var. *latidivergens.* 675×

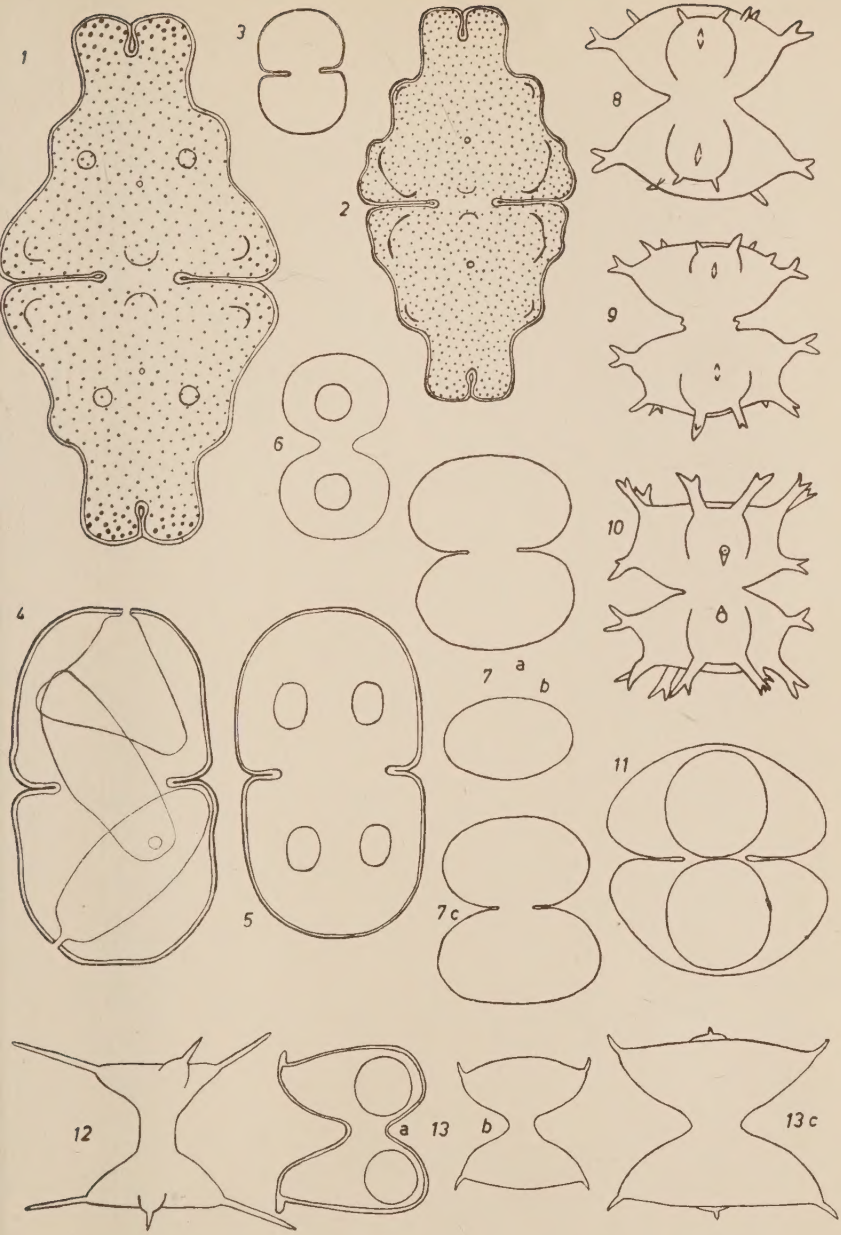
Abb. 12) *Cosmarium subcirculare* n. sp. a) 675×, b) Polansicht 675×

Abb. 13) *C. depressum* fa. a) bis d) 950×, b) Polansicht von a).


1
2 a
b
3
7
b a
8
9
a b
4
6
b a
5c
10
b a
13a
5a
b
13 b
c
11
13d
a
12 b

Tafel 4.

Abb. 1) *Euastrum didelta* fa. 675×
Abb. 2) *Eu. humerosum* var. *parallelum.* 400×
Abb. 3) *Cosmarium exiguum* fa. 950×
Abb. 4) *C. quadratum,* mit entleerten Hüllen von Pilzen. 950×
Abb. 5) *C. quadratum* fa. *Willei.* 950×
Abb. 6) *C. contractum* var. *rotundatum.* 675×
Abb. 7) *C. contractum* var. *ellipsoideum* fae. a) bis c) 950×, b) Polansicht.
Abb. 8) *Staurastrum aciculiferum.* 950×
Abb. 9) *Staurastrum,* Übergang zwischen *St. aciculiferum* und *St. furcatum.* 950×
Abb. 10) *Staurastrum furcatum.* 950×
Abb. 11) *St. muticum.* 950×
Abb. 12) *St. cuspidatum.* 950×
Abb. 13) *St. apiculatum.* a) und b) 675×, c) 950×


1
2
3
4
5
6
7
a
b
7c
8
9
10
11
12
a
13
b
13c

Inhaltsverzeichnis

Band IV, Heft 2

Seite

DIETRICH, R. Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration und des Ionenmilieus im Gebrauchswasser für die Qualität der Fischindustrieerzeugnisse 117

LÜNEBURG, H. Untersuchung des Sedimenttransportes auf einigen Flächen des Wurster Wattes (Wesermündung) 127

GILLBRICHT, M. Die Hydrographie des Jadebusens und der Innenjade 153

BRANDES, C.-H. Caligus arcticus n. sp., ein parasitischer Copepode auf Trachypterus arctius BRÜNNICH 171

MEYER, V. Probleme des Verderbens von Fischkonserven in Dosen. III. Die Wirkung verschiedener Säuren auf die Aminosäuren-Decarboxylierung durch Organismen der Betabacterium-Buchneri-Gruppe und ihre Bedeutung für die Marinadenherstellung 183

HÖHNK, W. Studien zur Brack- und Seewassermykologie VI. Über die pilzliche Besiedlung verschieden salziger submerser Standorte 195

REICHENBACH-KLINKE, H. H. Die Vermehrungsformen des zoophagen Pilzes Ichthyosporidium hoferi (PLEHN et MULSOW) (Fungi Phycomycetes) im Wirt 214

BEHRE, K. Die Algenbesiedlung einiger Seen um Bremen und Bremerhaven 221